

# **EFC-400<sup>®</sup> - Magnetic and Electric Field Calculation**

Telecommunication, Power Lines and Stations

# **Benutzerhandbuch**

Berlin - 2020

**narda**   
Safety Test Solutions

## **EFC-400 - Magnetic and Electric Field Calculation**

Telecommunication, Power Lines and Stations - According to EN 50413, IEC 62226-1, IEC 62232, ICNIRP, EU Regulations

EFC-400 Version 2020, Handbuch 24. Auflage 2020 Berlin

Copyright (C) 1994 - 2020 FGEU mbH

Kein Teil dieses Werkes darf in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die FGEU mbH gibt keinerlei Garantie, außer der im beiliegenden Lizenzvertrag festgelegten. Die FGEU mbH kann keinesfalls und gegenüber niemandem für Schäden, die sich aus dem Kauf oder der Nutzung dieser Materialien ergeben, haftbar gemacht werden.

Die FGEU mbH behält sich das Recht vor, ihre Produkte beliebig zu revidieren oder zu verändern.

**Narda Safety Test Solutions GmbH**  
Sandwiesenstrasse 7  
D-72793 Pfullingen

Forschungsgesellschaft für Energie und  
Umwelttechnologie - FGEU mbH  
Yorckstr. 60  
D-10965 Berlin

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>5</b>
1.1 Benutzung des Handbuches .....	5
1.2 Allgemeine Einsatzgebiete .....	6
1.3 Einheiten und Symbole.....	8
<b>2. Theoretische Grundlagen.....</b>	<b>9</b>
2.1 Magnetische Flußdichte .....	9
2.2 Elektrisches Feld .....	12
2.3 Audio Geräuschpegel und RF Pegel.....	14
2.4 HF Leistungsflußdichte und Feldstärke.....	15
<b>3. Erste Schritte .....</b>	<b>17</b>
3.1 Hardware Voraussetzungen.....	17
3.2 Installation.....	18
3.3 Softwareschutz .....	20
<b>4. Programm Beschreibung .....</b>	<b>21</b>
4.1 Hauptfenster .....	21
4.2 Geometriefenster.....	22
4.3 Konstruktionsfenster .....	24
4.4 Virtual Reality Fenster .....	25
4.5 Trassen Editor .....	26
4.6 Bibliotheksverwaltung.....	30
4.7 Optionsdialoge.....	31
4.8 Verzeichnisstruktur .....	32
<b>5. Dateneingabe .....</b>	<b>35</b>
5.1 Projekt Info.....	35
5.2 Transmitter.....	36
5.3 Leiter .....	39
5.4 Erdseile.....	43
5.5 Masten .....	45
5.6 Kabel.....	48
5.7 Gebäude .....	49
5.8 Gehäuse .....	50
5.9 Blöcke .....	51
5.10 Geometrieobjekte .....	53
<b>6. Daten laden .....</b>	<b>54</b>
6.1 Geometrie .....	54
6.2 Berechnungsdaten .....	55
6.3 Bodenprofile.....	56

6.4	Import von Hintergrundkarten.....	58
6.5	Meßdaten.....	60
6.6	Datenbankschnittstelle .....	62
<b>7.</b>	<b>Editieren der Geometrie.....</b>	<b>63</b>
7.1	Transmitter und Leiter .....	63
7.2	Masten .....	71
<b>8.</b>	<b>Editieren im Trassen Editor.....</b>	<b>72</b>
8.1	Trassen.....	72
8.2	Masten .....	75
8.3	Kabel.....	79
8.4	Systemkonfiguration .....	80
8.5	Leiterkonfiguration .....	81
8.6	Beziehung zum Leiter Editor .....	82
<b>9.</b>	<b>Berechnung.....</b>	<b>83</b>
9.1	Allgemeine Berechnungsparameter .....	83
9.2	Spezielle Parameter .....	86
9.3	Erstellen einer Berechnung .....	90
9.4	Optimierung der Berechnung .....	92
9.5	Spezialfunktionen im NF-Modus .....	93
<b>10.</b>	<b>Datendarstellung .....</b>	<b>99</b>
10.1	Auswahl der Berechnungsdaten .....	99
10.2	Konstruktionsfenster.....	100
10.3	X/Y-Darstellung .....	101
10.4	Z-Darstellung .....	102
10.5	2D-Grafik .....	103
10.6	ISO-Linien.....	105
10.7	3D-Grafik .....	106
10.8	Statistik .....	107
10.9	Titeleinblendung .....	108
10.10	Datenskalierung.....	109
10.11	Optionen .....	110
10.12	Zoom.....	111
<b>11.</b>	<b>Datensicherung .....</b>	<b>112</b>
11.1	Geometrie .....	112
11.2	Datenbank .....	112
11.3	Berechnungsdaten .....	113
<b>12.</b>	<b>Daten drucken.....</b>	<b>115</b>
12.1	Grafik .....	115
<b>13.</b>	<b>Daten exportieren .....</b>	<b>116</b>
13.1	Übersicht.....	116
13.2	ASCII Export (TXT).....	117
13.3	DXF Export .....	118

13.4	4D-Color-Array (TXT) .....	121
13.5	Vektor Export (TXT).....	122
13.6	BMP-Export .....	123
13.7	WMF-Export.....	123
13.8	Kopieren in die Zwischenablage .....	123
<b>14.</b>	<b>Mast und Kabel Bibliothek .....</b>	<b>124</b>
14.1	Editieren.....	124
14.2	Laden / Speichern .....	127
14.3	Eigene Typen hinzufügen.....	128
<b>15.</b>	<b>Konfiguration .....</b>	<b>130</b>
15.1	Laden / Speichern .....	130
15.2	Automatische Konfiguration.....	131
15.3	Vorlagen .....	132
15.4	Farbeinstellungen .....	133
15.5	Schriftarten .....	135
<b>16.</b>	<b>Optionen.....</b>	<b>136</b>
16.1	Standard .....	136
16.2	Extended.....	137
16.3	Technical .....	138
16.4	Freileitungen .....	139
16.5	Kataster .....	140
16.6	Audible Noise.....	141
16.7	Farben .....	142
16.8	Importieren.....	143
16.9	Export .....	144
16.10	System.....	145
16.11	Speichern.....	146
16.12	Berechnung .....	147
16.13	Ansicht.....	148
16.14	Werkzeuge .....	149
<b>17.</b>	<b>Fallstudien.....</b>	<b>150</b>
17.1	Sendeanlagen .....	150
17.2	Richtstrahler.....	154
17.3	Handy und Mobilfunkbasisstation.....	160
17.4	Radaranlage .....	166
17.5	Streckenführung der Fernbahn .....	170
17.6	Streckenführung einer U-Bahn.....	172
17.7	Kreuzung Fernbahn und HV-Leitung.....	173
17.8	Hochspannungsfreileitung.....	174
17.9	Zwei Hochspannungsfreileitungen .....	177
17.10	Leitungskreuzung .....	179
17.11	Netzstation.....	181
<b>18.</b>	<b>Sonderfunktionen.....</b>	<b>208</b>
18.1	Selektion von Koordinaten per Maus .....	208

---

18.2	Calculator.....	210
18.3	Integrierter Editor.....	210
18.4	DXF Objekt Filter .....	210
18.5	WF Paint-Tool.....	210
18.6	Assistent .....	211
18.7	Undo .....	211
18.8	Auto Recover .....	211
18.9	Menü-Sprache .....	211
18.10	HTML veröffentlichen .....	211
18.11	CD veröffentlichen .....	212
18.12	Letzter Befehl.....	212
<b>19.</b>	<b>Anhang A: .....</b>	<b>213</b>
19.1	Datenformate .....	213
19.2	Shortcuts.....	219
19.3	Fehlerbetrachtung .....	220
<b>20.</b>	<b>Anhang B: Hardlock Dokumentation .....</b>	<b>224</b>

# 1. Einleitung

## 1.1 Benutzung des Handbuches

Herzlich Willkommen beim **EFC-400** Benutzerhandbuch!

Das vorliegende Handbuch verfolgt das Ziel, Ihnen einen umfassenden Einblick in die Grundlagen der Feldberechnung und die Bedienung Ihrer **EFC-400** Software zu geben.

Bevor Sie das Programm installieren, lesen Sie bitte das Kapitel **ERSTE SCHRITTE**.

Eine allgemeine Übersicht der Menüs und des Programmablaufes veranschaulicht das Kapitel **PROGRAMM BESCHREIBUNG**.

Im Weiteren finden Sie im Benutzerhandbuch die thematisch geordnete Beschreibung der Programmfunktionen, von der Dateneingabe bis zum Datenexport, die Ihnen zum systematischen Erlernen der Bedienung zur Verfügung stehen und bei der praktischen Anwendung als Nachschlagewerk dienen.

Besonderer Wert wurde auf das Kapitel **FALLSTUDIEN** gelegt. Hier werden Ihnen Beispiele von der Simulation einer Hochspannungsleitung bis zur Mobilfunkbasisstation präsentiert, um Sie in die Lage zu versetzen, die volle **EFC-400** Leistungsfähigkeit zu nutzen.

Im **Anhang** sind alle von **EFC-400** verwendeten Datenformate dargestellt, um Ihnen Bearbeitung und Austausch mit anderen Programmen zu ermöglichen und die Programmumgebung (z.B. Bibliotheken) auf Ihre Bedürfnisse zu erweitern.

## 1.2 Allgemeine Einsatzgebiete

Das Programm **EFC-400** wurde ursprünglich zur Berechnung der niederfrequenten magnetischen und elektrischen Felder von Leitern entwickelt. Die Berechnung erfolgt nach dem Gesetz von Biot-Savart sowie der Ersatzladungsmethode und erlaubt die freie Anordnung von Leitern im dreidimensionalen Raum. Aufgrund des dreidimensionalen Lösungsansatzes ist es möglich, jede quasistationäre Aufgabenstellung im niederfrequenten Bereich zu lösen.

In einem weiteren Entwicklungsschritt wurde für Freiluftanlagen die Berechnung der akustischen Geräuschpegel und der RF Störpegel integriert.

Als neueste umfangreichste Entwicklungsstufe wurde die Berechnung hochfrequenter Feldstärken und Leistungsflußdichten nach DIN VDE 0848 implementiert, wobei die Richtcharakteristik aus den Öffnungswinkeln ermittelt oder als Richtstrahldiagramm eingelesen werden kann.

Die folgenden Beispiele geben einen Einblick in mögliche Einsatzgebiete zur Berechnung der elektrischen und magnetischen Feldstärken:

- Hochspannungsleitungen
- Oberleitungen von Straßenbahn und Fernbahn
- Streckenführung von S-Bahn und U-Bahn
- Bordnetze von Schiffen, Flugzeugen, etc.
- Erdkabel, auch mit Verseilschlag
- Schalt- und Umspannanlagen
- Netzstationen
  
- Mobilfunkbasisstationen
- Handys
- Rundfunk- und TV-Sender
- Radaranlagen
- Amateurfunk
- KW- und MW-Anlagen
- Richtfunkstrecken

Entsprechende Beispiele sind auf der Installations-CD vorhanden und werden im Kapitel **FALLBEISPIELE** ausführlich beschrieben.

Nach Abschluß der ersten Entwicklungsstufen wurde die Rechengeschwindigkeit ausgebaut, so daß **EFC-400** die Berechnung großer Geländeflächen, mit einer Performance wie sonst nur von Workstations bekannt, gestattet. Alle zeitkritischen Routinen greifen direkt auf die Assembler Ebene zu. Die Anzahl der Berechnungspunkte kann 32000 x 32000 betragen, wobei in der Praxis die Festplattenkapazität die obere Grenze bestimmt.

Die Ergebnisdaten werden von **EFC-400** in zugleich funktionaler und repräsentativer Form dargestellt als:

- XYZ-Plot
- 2D-Plot
- ISO-Linien
- Statistik
- 3D Virtual Reality

Für den Datenexport stehen die Schnittstellen

- ASCII Tabelle (3D-Array) -> MS-EXCEL™
- DXF Polylinien (ISO-Linien) -> AutoCAD™
- ASCII Tabelle (4D-Farb Array) -> Stanford Graphics™
- ASCII Tabelle (3D-Vektoren) -> Stanford Graphics™
- BMP, JPG, WMF, AVI und GIF-Format

zur Verfügung, die eine Weiterverarbeitung mit Präsentations- oder CAD-Programmen gestatten.

EFC-400 wird in den folgenden Versionen angeboten, die den vollen oder einen auf spezielle Benutzergruppen abgestimmten Funktionsumfang beinhalten:

Produktbeschreibung	EFC-400	EFC-400 Station	EFC-400 & Sound	EFC-400 Telecom.	EFC-400 Enterprise
Berechnungsmethoden	E, B	B	E, B, dB(A)	E, H, S	E, H, B, S
Frequenzbereich	0 - 30 kHz	50 - 60 Hz	0 - 30 kHz	1 kHz - 300 GHz	0 - 300 GHz
Berechnungsfläche (*1)	unbegrenzt	150x150 m	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt
Grenzwertbewertung in % (*2)	•	•	•	•	•
Meßdatenverarbeitung	•	•	•	•	•
Phasenoptimierung	•		•		•

(\*1 maximal 32000 x 32000 Berechnungspunkte

(\*2 Grenzwertbewertung ist für dB(A) nicht möglich

Abschließend sei erwähnt, daß hier nur ein kleiner Ausschnitt der Einsatzgebiete dargestellt werden kann. **EFC-400** bietet grundsätzlich einen allgemeinen Lösungsansatz, der durch Programmiererweiterungen zwar ergänzt, aber niemals eingeschränkt wird. Zudem verfügt **EFC-400** über offene Schnittstellen, so daß sich dem Anwender neue Einsatzgebiete eröffnen können, welche bisher nicht in Erwägung gezogen wurden.

### 1.3 Einheiten und Symbole

Im Folgenden sind die Einheiten und Geltungsbereiche der von **EFC-400** verwendeten Größen aufgelistet und die grundlegenden Begriffe erklärt:

Größe	Einheiten	Auflösung
<b>X, Y, Z</b> Koord.	[m]	0.0001
<b>R</b> Radius	[mm]	0.001
<b>Psi</b> Winkel	[°] oder [gr]	0.001
<b>P</b> Leistung	[W]	0.001
<b>I</b> Strom	[A]	0.001
<b>U</b> Spannung	[kV]	0.001
<b>Phi</b> Phase	[deg]	0.001
<b>S</b> Leistungsfluß- dichte	[nW/m <sup>2</sup> ] - [kW/m <sup>2</sup> ]	0.001
<b>E</b> elektrische Feldstärke	[nV/m] - [TV/m]	0.001
<b>H</b> magnetische Feldstärke	[pA/m] - [kA/m]	0.001
<b>B</b> magnetische Flußdichte	[fT] - [kT]	0.001

**EFC-400** arbeitet mit kartesischen Koordinaten (X ,Y, Z).  
Z wird explizit als Höhe vereinbart.

Alle Winkelangaben sind ‚mathematisch‘ mit positivem  
Drehsinn definiert.

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1 Magnetische Flußdichte

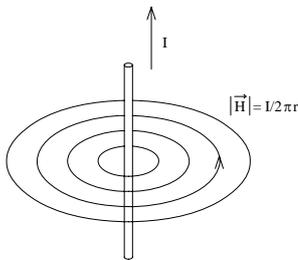


Abb. Magnetfeld eines Leiters

Jeder stromdurchflossene Leiter ist von einem magnetischen Feld umgeben. Das Feld kann durch Feldlinien veranschaulicht werden, die konzentrische Kreise um den Leiter bilden. Die Richtung der Feldlinien ist durch die Rechte-Hand-Regel gegeben, wobei der Daumen in die technische Stromrichtung zeigt (Bemerkung: **EFC-400** verwendet die physikalische Stromrichtung, die der technischen entgegengesetzt ist!).

Die magnetische Flußdichte einer Leiterkonfiguration berechnet sich nach dem Gesetz von Biot-Savart aus einer Superposition von Teilfeldern einzelner Leitersegmente. Jeder infinitesimale Teilleiter trägt zum Gesamtfeld den Anteil

$$d\vec{B}(t) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} I(t)$$

bei.  $d\vec{B}$  und  $I$  sind im allgemeinen zeitabhängig und werden zur vereinfachten Berechnung in komplexe Größen transformiert. Legt man den ( $i$ )-ten Teilleiter der Länge  $L$  in den Ursprung des Koordinatensystems parallel zur x-Achse, dann berechnet sich sein Feldbeitrag im Aufpunkt  $P(x, y, z)$  zu:

$$|\vec{B}_i(t)| = \frac{\mu_0}{4\pi r} I_i(t) \left[ \frac{L_i - x_p}{\sqrt{(L_i - x_p)^2 + r^2}} + \frac{x_p}{\sqrt{x_p^2 + r^2}} \right]$$

mit den Vektorkomponenten:

$$B_{xi}(t) = 0$$

$$B_{yi}(t) = -\frac{z_p}{\sqrt{y_p^2 + z_p^2}} |\vec{B}_i(t)|$$

$$B_{zi}(t) = \frac{y_p}{\sqrt{y_p^2 + z_p^2}} |\vec{B}_i(t)|$$

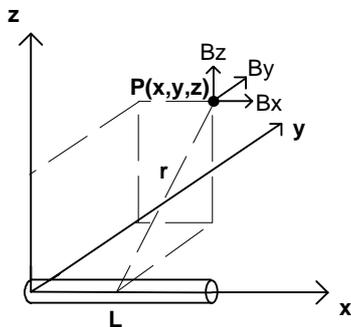


Abb. Teilleiter im Koordinatenursprung

Jedes Leiterseil wird nach dieser Methode in eine vom Anwender vorzugebende Anzahl Teilleiter segmentiert. Falls die Leiterseile einen Durchhang besitzen (z.B. Hochspannungsleitung) wird es durch eine Parabel mit  $n$  Segmenten nachgebildet. In der Regel wird durch Auswahl von 10-20 Segmenten eine ausreichende Genauigkeit erzielt. Im Sonderfall kann dies durch ein Erhöhen der Segmente überprüft werden. Eine Ausnahme bildet der Fall  $n=1$  nur eines Segmentes, welcher einem geraden Leiter entsprechen würde. Das Programm simuliert statt dessen die automatische Höhenanpassung eines Leitersegmentes (mit der Länge der Spannweite) auf den relevanten Durchhang für den Aufpunkt  $P(x, y, z)$ . Die Feldkomponente in Leitungsrichtung verschwindet damit per Definition. Die Genauigkeit ist insgesamt größer als für Fälle von nur 2,3,4... Segmenten, bei gleichzeitig erheblich kürzerer Rechenzeit. Grundsätzlich ist die physikalische Genauigkeit der Methode nur durch die Fließkomma-Arithmetik bestimmt. Der Fehler zwischen der Realität und dem Modell beruht im Wesentlichen auf der Unterteilung der Leiterseile in eine endliche Anzahl von Segmenten.

Für die Berechnung der Feldstärke wird der betrachtete Aufpunkt in das lokale Koordinatensystem des jeweiligen Segmentes transformiert. Dies geschieht durch eine Verschiebung und anschließende Rotation. Damit erhält man den Anteil des Segmentes zum gesamten Feldvektor, der allerdings noch in das Weltkoordinaten-System zurück transformiert werden muß.

Vektorielle Addition der Feldbeiträge liefert den Feldvektor:

$$\vec{B}(t) = \begin{pmatrix} B_x(t) \\ B_y(t) \\ B_z(t) \end{pmatrix}$$

Im Falle eines sinusförmigen Stromes mit fester Frequenz

$$I(t) = \hat{I} \sin(\omega t)$$

wird für den Effektivwert (RMS) die Beziehung

$$I = \hat{I} / \sqrt{2}$$

zugrunde gelegt. Der Feldvektor beschreibt in diesem Fall eine feststehende Rotationsellipse, deren große Halbachse den Spitzenwert darstellt.

Wenn ein Gemisch verschiedener Frequenzen vorliegt, werden die Feldbeiträge der einzelnen Segmente zeitlich entwickelt, aufaddiert und anschließend über die Zeit integriert.

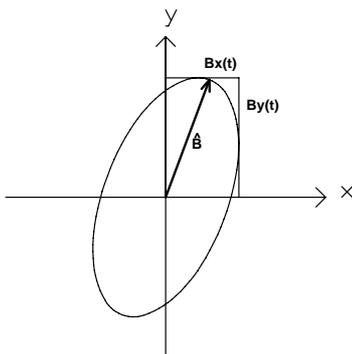


Abb. Rotationsellipse des B-Vektors

**EFC-400** berechnet den Betrag, die Einzelkomponenten und den Spitzenwert:

$$|B|, B_x, B_y, B_z, \hat{B}$$

Zur Beschleunigung der Berechnung großer Geländeflächen gibt es einen Interpolationsmodus. In diesem wird eine vorgewählte Anzahl von Zwischenpunkten mittels Fit eines Polynoms 3-ter Ordnung durch die Berechnungspunkte bestimmt. Der dabei auftretende Fehler wird angezeigt. Um diesen möglichst gering zu halten und andererseits die Berechnung großflächiger Gebiete in Bereichen fernab von Feldquellen zu beschleunigen, wurde der Modus **DYNAMISCHE INTERPOLATION** entwickelt. Dieser berechnet an kritischen Stellen (z.B. unter Leitungen) auch bei vorgewählter Interpolation ausreichend Feldpunkte, um einen Fehler von 0.1% zu unterschreiten.

Auf die Anwendung, der in diesem Kapitel beschriebenen Funktionen, wird noch einmal ausführlich im Kapitel **BERECHNUNG** eingegangen.

## 2.2 Elektrisches Feld

Die elektrische Feldstärke kann durch den negativen Gradienten des skalaren Potentials  $\Phi(x, y, z)$  dargestellt werden:

$$\vec{E}(\vec{r}) = -\vec{\nabla}\Phi(\vec{r})$$

mit

$$\vec{\nabla} = \begin{pmatrix} \partial/\partial x \\ \partial/\partial y \\ \partial/\partial z \end{pmatrix}$$

Das Potential - oder der Potentialunterschied - beschreibt die Arbeit, die notwendig ist, um eine Testladung vom Bezugspunkt mit  $\Phi(x, y, z)=0$  zum Punkt mit Potential  $\Phi$  zu verschieben. In der Praxis wird der Bezugspunkt in das Unendliche gelegt. Das Potential bei Annäherung an eine Quellladung bis zum Punkt A ergibt sich dann allgemein:

$$\Phi_A(\vec{r}) = \frac{W}{q} = \int_{\infty}^A \vec{E}(\vec{r}) d\vec{s}$$

Für ein linienförmiges Ladungssegment, das parallel zur x-Achse im Ursprung liegt, löst sich das Integral wie folgt:

$$\Phi_i(x_p, y_p, z_p, t) = \frac{Q_i}{4\pi\epsilon_0} \ln \frac{(x_p) + \sqrt{x_p^2 + y_p^2 + z_p^2}}{(x_p - L_i) + \sqrt{(x_p - L_i)^2 + y_p^2 + z_p^2}}$$

Der negative Gradient liefert den Feldbeitrag eines Teilleiters zum elektrischen Feld im Aufpunkt  $P(x, y, z)$ , analog zum magnetischen Feldvektor.

Im wesentlichen gleicht der gesamte Rechenprozess dem des magnetischen Feldes. Eine Ausnahme bildet jedoch die Bestimmung der Linienladungen  $Q_j$ . Im Gegensatz zu den Teilleiterströmen sind diese nicht vorgegeben, sondern müssen erst mit Hilfe der Oberflächenspannung auf den Leitern berechnet werden.

Dazu wird in das Zentrum jedes Leitersegmentes eine Linienladung gelegt, deren Größe durch Erfüllung obiger Gleichung für das Oberflächenpotential  $U$  bestimmt ist. Im Fall von  $n$  Leitersegmenten führt dies zu einem Gleichungssystem mit  $n$  Unbekannten:

$$U_i = PK_{ij} Q_j$$

$PK_{ij}$  wird als Potentialkoeffizientenmatrix bezeichnet. Das Invertieren von  $PK_{ij}$  liefert die gesuchte Verteilung der Linienladungen. **EFC-400** ist in der Lage, das lineare Gleichungssystem einer 16000 x 16000 Matrix zu lösen

(Verfahren: LU-Decomposition oder Conjugate Gradient). Eine vorgegebene Leitergeometrie kann durch 16000 Segmente approximiert werden. Die Rechenzeit ist allerdings erheblich und kann bis zu mehreren Tagen dauern, weil diese erstens proportional zu  $n^2-n^3$  ist und zweitens der Speicherbedarf für eine derartige Matrix 1 GB beträgt.

In der Praxis sind 1000-2000 Segmente völlig ausreichend und in Fällen von nur einigen Mastfeldern fällt die Rechenzeit, die für die Inversion der Potentialkoeffizientenmatrix benötigt wird, neben der eigentlichen Feldberechnung kaum ins Gewicht.

Eine höhere Segmentierung ist nur dann notwendig, wenn kreuzende Leitungen vorliegen. In diesem Fall sollte die Segmentlänge in der Größenordnung des Abstandes der Leitungen liegen, da andernfalls erhebliche Rechenfehler auftreten können. Der Modus **AUTO SEGMENTE** führt dies für Sie automatisch durch.

Wenn Hochspannungstrassen über größere Flächengebiete berechnet werden, sind nur die Diagonale und die Nachbarelemente der Matrix wesentlich von Null verschieden. Eine solche Matrix wird als "Sparse Matrix" bezeichnet. In **EFC-400** wurde ein **SPARCE MATRIX** Algorithmus integriert, der zur effizienten Lösung dieser Sonderform dient. Falls eine Ladungsverteilung über mehrere Mastfelder betrachtet wird, tritt praktisch zwischen erstem und letztem Mastfeld keine Wechselwirkung mehr auf. Der Anwender kann die Berechnung dadurch beschleunigen, daß er einen Abstand vorgibt bis zu dem **EFC-400** eine Wechselwirkung berücksichtigen soll.

Insgesamt ist die Rechenzeit für das elektrische Feld 2-3 mal länger als beim Magnetfeld. Dies ist auf die Matrixinversion zurückzuführen und auf die Anwendung des Spiegelladungsverfahrens. Der Erdbodeneinfluß ist nicht, wie beim Magnetfeld, zu vernachlässigen, sondern dieser stellt gegenüber dem hochohmigen Widerstand der Umgebungsluft einen nahezu idealen Leiter dar. Die elektrischen Feldlinien stehen praktisch senkrecht auf dem Erdboden. Dem wird Rechnung getragen, indem die gesamte oberirdische Leiterkonfiguration am Erdboden gespiegelt und mit umgekehrtem Vorzeichen versehen wird, was den doppelten Rechenaufwand zur Folge hat.

Der interessierte Leser sei für den weiteren Einstieg in die Theorie der Feldberechnung, die über den Rahmen dieses Benutzerhandbuches hinausgeht, auf die umfangreiche Fachliteratur verwiesen.

## 2.3 Audio Geräuschpegel und RF Pegel

EFC-400 & Sound ist die Lösung für Freiluftanlagen der Energieversorgung an denen aufgrund der elektrischen Feldstärke Koronaentladungen entstehen welche Schallemissionen und RF Störpegel verursachen. Die wesentlichen Leistungsmerkmale sind:

- ❑ **Elektrische Feldstärke an Freileitungen und Umspannwerken**
- ❑ **Randfeldstärken am Leiter**
- ❑ **Akustischer Geräuschpegel nach verschiedenen Methoden**
- ❑ **RF Störpegel Berechnung**
- ❑ **Phasenoptimierung für Freileitungen**
- ❑ **Meßdatenimport und Interpolation**

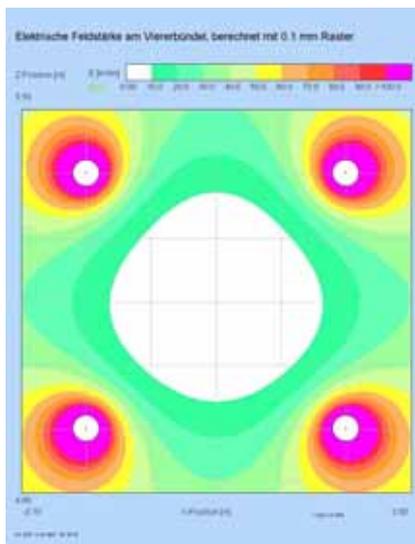


Abb: Randfeldstärke am Viererbündel

Zusätzlich zur Berechnung der elektrischen Bodenfeldstärke, ermittelt EFC-400 & Sound die Randfeldstärken auf 100 Punkten der Oberfläche jedes Leiters, bzw. Teilleitersegmentes. Diese exakten Randfeldstärken dienen als Eingangsdaten für die Berechnung der Geräusch- und RF Pegel, während herkömmliche Verfahren die Randfeldstärken nur mittels "Handformeln" abschätzen.

Die 6 verwendeten Methoden zur Pegelberechnung entsprechen verschiedenen Quellen, allesamt auf empirischen Untersuchungen basierend, und können vom Anwender selektiert werden. Mit der gewählten Formel wird der Schallpegel aufgrund der Teilleitermethode bestimmt, indem das Geräuschpotential durch skalare Addition der räumlichen Verteilungen aller Einzelsegmente berechnet wird. Die Methode kann beliebige Leiteranordnungen unter Berücksichtigung des Durchhangs behandeln. Das Verfahren wird der Orientierung, dem Abstand und der Randfeldstärke jedes Einzelsegmentes gerecht.

Die Ergebnisse werden als Isolinien, ebenso wie die elektrische Feldstärke, dargestellt. An jedem Ort unterhalb einer Freileitung oder innerhalb eines Umspannwerkes kann der Schallpegel abgelesen werden.

## 2.4 HF Leistungsflußdichte und Feldstärke

EFC-400 Telecommunication ist die normgerechte Lösung für Sende- und Telekommunikationsanlagen die hochfrequente Strahlung emittieren. Die wesentlichen Leistungsmerkmale sind:

- Strahlungscharakteristik aufgrund der Antennenkenndaten**
- Richtstrahldiagramm Import**
- Dämpfung durch Gebäude**
- Plot als % vom Grenzwert**
- Aufbau von HF-Feldkatastern**
- Meßdatenimport und Interpolation**

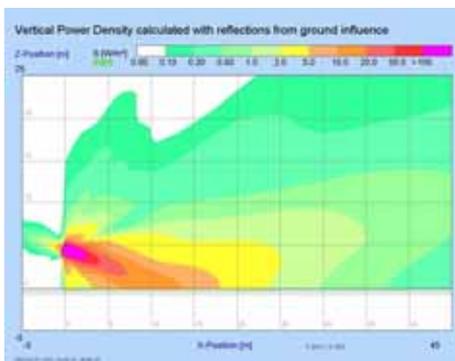


Abb.: Berechnung mit Richtstrahldiagramm und Reflexion am Erdboden

EFC-400 Telecommunication berechnet Feldstärken und Leistungsflußdichte nach DIN VDE 0848, wobei die Richtcharakteristik mittels des Winkelanteils, welcher aus normalisierten sphärischen Harmonischen besteht, berücksichtigt wird.

Die Form der verallgemeinerten Kugelfunktionen wird numerisch aus den Kenndaten wie z.B. den Öffnungswinkeln ermittelt, oder als Richtstrahldiagramm eingelesen. Horizontale und vertikale Richtstrahldiagramme sind unabhängig voneinander und werden mit einer Interpolation dritter Ordnung in kontinuierliche räumliche Funktionen umgesetzt.

EFC-400 Telecommunication normiert den Winkelanteil durch Integration über die Oberflächen in Abhängigkeit vom Radialanteil auch bei Vorgabe von Richtstrahldiagrammen. Der Strahlungsfluß durch jede Oberfläche über dem Gelände, vom Nah- bis Fernbereich, ist deshalb konstant, unter der Annahme leitenden Erdbodens.

Der Antennengewinn wird durch die Integration auf 0.1% Genauigkeit bestimmt, kann jedoch vom Benutzer überschrieben werden, falls die Abweichung der Öffnungswinkel größer ist als der Fehler des vom Hersteller angegebenen Gewinns.

Das Verfahren berücksichtigt zur Berechnung die vollständigen Informationen durch die das Fernfeld eines Senders definiert ist. Methoden zur numerischen Lösung der Wellengleichung sind für Fernfeldberechnungen überbestimmt und führen zu Fehlern durch Diskretisierung komplexer Strukturen sowie hohem Eingabeaufwand und langen Rechenzeiten.

EFC-400 Telecommunication basiert auf einem der fundamentalsten physikalischen Gesetze - der Energieerhaltung - und approximiert den Nahbereich eines Senders über die Kontrolle des Fernfeldes. Denn auch im Nahbereich gilt Energieerhaltung, wobei die räumliche Verteilung gegenüber einer Punktquelle durch Segmentierung verbessert wird.

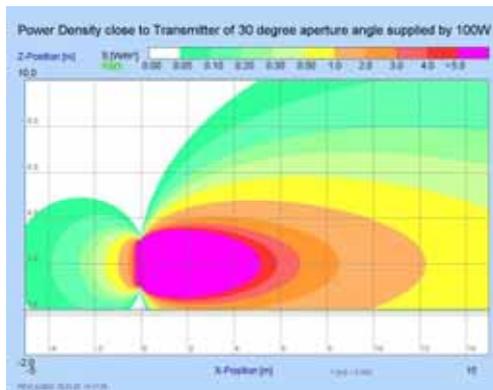


Abb.: Nahfeld bei Segmentierung der Antenne

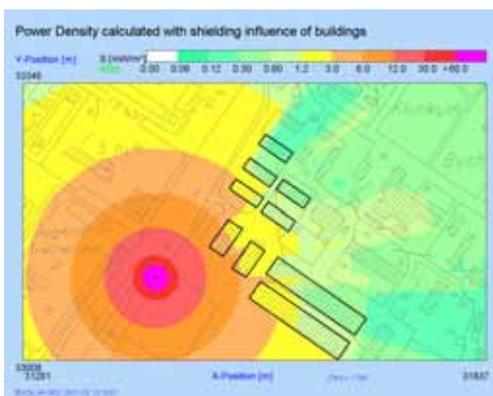


Abb.: Schirmdämpfung durch Gebäude im Stadtgebiet

Das Verfahren ist bedingt für den Nahfeld-Bereich geeignet, da die normalisierten sphärischen Harmonischen nicht im Mittelpunkt eines Senders angesetzt werden, sondern die Modellnachbildung aus einer vorgegebenen Anzahl von Teilstrahlern mit endlichem Radius besteht, wodurch das Auftreten einer Singularität vermieden wird. Die Teilstrahler weisen jeweils einzelne Phasenlagen auf und superpositionieren zum Gesamtfeld des Senders, welches sich flächenförmig von diesem löst. Andere Autoren haben dieses Verfahren mit Berechnungen nach der Momentenmethode verglichen und für den Nahbereich akzeptable Übereinstimmung gefunden.

Bei der Berechnung großflächiger Gebiete ist die Berücksichtigung der Materialkonstanten jedes Störobjektes lediglich mit einer Zunahme der Fehler verbunden. "EFC-400 Telecommunication" bezieht deshalb nur die Reflexion am Erdboden ein, die in Prozent angegeben werden kann, und den Gebäudeeinfluß, welcher aus der Angabe eines individuellen Dämpfungsfaktors berechnet wird.

Die genaue Bestimmung des Feldes unter Einbeziehung von Störeinflüssen ist Meßverfahren vorbehalten, deren Ergebnisse eingelesen und interpoliert werden können.

Da Energieerhaltung vorausgesetzt wird, ist das Verfahren anderen Methoden zur Feldberechnung hinsichtlich Genauigkeit und Geschwindigkeit überlegen. Das Verfahren ist ausdrücklich für die Ermittlung der Exposition im Umweltbereich ausgelegt, d.h. für Städte und Landkreise - eine Größenordnung in der jeder Versuch einer phasen- und frequenzgerechten Lösung der Wellengleichung für alle vorhandenen Quellen scheitert.

Hinsichtlich des Auftretens von Frequenzgemischen, betrachtet "EFC-400 Telecommunication" den worst-case. Unterschiedliche Frequenzanteile werden nach vorgegebenen Richtwertkurven bewertet und zur prozentualen Auslastung des Summengrenzwertes aufaddiert.

Zur Durchführung einer Feldberechnung ist nur die Kenntnis des Antennenstandortes und des Herstellerdatenblattes erforderlich. Aufgrund der effizienten Eingabe können kaum Fehler auftreten. Weil die Standorte auf der topographischen Karte bestimmt werden, ist der Aufbau eines Feldkatasters unmittelbar möglich, bei simultaner Berechnung von derzeit 100.000 Sendeanlagen.

**EFC-400 Telecommunication ist zur Beurteilung der Konformität von Mobilfunk Basisstationen entsprechend DIN VDE 0848 Teil 383 einsetzbar und stellt ein Fernfeld- und ein synthetisches Modell als geeignetes Bezugs- bzw. alternatives Verfahren für die Ermittlung der Konformitätsgrenzen in den Bereichen Fernfeld sowie abstrahlendes Nahfeld zur Verfügung und integriert als Bewertungskriterien die ICNIRP-Empfehlungen (1998) und die Europäische Ratsempfehlung 1999/519/EEC.**

## 3. Erste Schritte

### 3.1 Hardware Voraussetzungen



Um einen optimalen Ablauf des Programms zu gewährleisten, ist folgende Konfiguration erforderlich:

Prozessor : Intel multi-core 3 GHz

Arbeitsspeicher: 4 GB RAM

freier Festplattenspeicher : 50 GB

Es sei darauf hingewiesen, daß die Performance aufgrund des optimierten Speichermanagements von **EFC-400** mit größeren Speicherreserven wesentlich gesteigert werden kann.

Da **EFC-400** in der Lage ist, den gesamten zur Verfügung stehenden Arbeitsspeicher beim Berechnungsvorgang zu verwenden, wirkt sich ein größerer Arbeitsspeicher in jedem Fall positiv auf die Berechnungszeit aus. ( keine zeitraubenden Festplattenzugriffe )

Die maximale Leistungsfähigkeit von **EFC-400** kann nur dann ausgeschöpft werden, wenn entsprechend dem Umfang an Berechnungspunkten genügend Festplattenkapazität zur Verfügung steht. Dies geht daraus hervor, daß bei **EFC-400** die maximale Anzahl an Feldpunkten durch den freien Platz auf der Festplatte bestimmt (1 Million Punkte / 4 MB) wird.

Falls der Hauptspeicher für die Berechnung nicht ausreichen sollte, benutzt **EFC-400** den virtuellen Speicher. Da Windows den virtuellen Speicher als Auslagerungsdatei auf der Festplatte verwaltet, wirkt sich ein großer virtueller Speicher negativ auf die Berechnungsgeschwindigkeit aus.

Falls selbst der virtuelle Speicher unter Windows nicht mehr ausreicht, swapt **EFC-400** eigenständig auf Platte.

## 3.2 Installation

Im folgenden Kapitel wird beschrieben, wie Sie bei der Installation des Programms **EFC-400** vorgehen. Die aktuellen Informationen zur Installation finden Sie jeweils in der Datei "Install.txt" und der beiliegenden Installationsanleitung.

Bevor Sie jedoch mit der Installation beginnen, sollten Sie Ihre Hardwarekonfiguration daraufhin überprüfen, ob diese die im Kapitel **Hardware Voraussetzungen** beschriebenen Mindestanforderungen erfüllt.

Sie können nun die folgenden Schritte zur Installation von **EFC-400** durchführen.



1. Legen Sie eine Sicherheitskopie der Datenträger an.
2. Beachten Sie die Hardwarevoraussetzungen.  
(siehe Kapitel Hardware Voraussetzungen)
3. Starten Sie Windows und legen Sie die **EFC-400** CD in Ihr Laufwerk.  
Führen Sie "CD-Drive:\start.exe" aus, indem Sie unter **Start** den Menüpunkt "**Ausführen**" wählen, falls die Installation nicht automatisch startet. Wechseln Sie auf die Seite "Install Products", klicken Sie auf die Schaltfläche "EFC-400" und befolgen Sie die weiteren Anweisungen.
4. Das Installationsprogramm kopiert alle Dateien vom Datenträger in das Zielverzeichnis und legt die neue Gruppe EFC-400 auf dem Desktop an.

Hinweis: Bei der Installation kopiert Setup die benötigten Dateien in das EFC-400-Verzeichnis und legt die Pfadstruktur innerhalb des EFC-400-Verzeichnisses an. Darüber hinaus erfolgen keine Änderungen am System.

5. Starten Sie vor dem ersten Aufruf von EFC-400 das Programm "Register", falls dieses nicht bereits automatisch ausgeführt wurde, um Ihre Seriennummer und Ihren Benutzernamen einzugeben. Falls Ihre Version durch einen Softkey geschützt ist, können Hersteller oder Lieferanten diese per Anruf autorisieren. Verfügt Ihre Version über ein Hardlock, dann bringen Sie diesen auf der parallelen oder der USB Schnittstelle an und installieren Sie die mitgelieferten Treiber.



Hinweis: Sollte die Autorisierung fehlschlagen, so verfahren Sie wie folgt: entfernen Sie alle TSR-Treiber, wie z.B. "SHARE", die den gemeinsamen Dateizugriff und die Dateisperrung unterstützen und fahren Sie mit Punkt 5. fort. Der Softkey ist hardwareabhängig und

wechselt bei jeder neuen Installation. Bei der Installation von Updates ist keine Registrierung erforderlich.

Hinweis: Icons für die Installation der Hardlock Treiber werden automatisch mit EFC-400 eingerichtet. Starten Sie hierzu "Install HL-Driver" aus der EFC-400 Programmgruppe und beachten Sie gegebenenfalls die Hardlock Dokumentation im Anhang Ihres Handbuches.

6. Entfernen Sie den Datenträger aus dem Laufwerk.



7. Nach erfolgreicher Autorisierung können Sie EFC-400 durch Doppelklick auf das **EFC-400**-Icon starten.

Hinweis: Die Verknüpfung von Dateien der Extension "\*.GEO" mit EFC-400 wird beim ersten Programmstart erstellt. Beim Doppelklick auf eine GEO-Datei wird EFC-400 hierdurch automatisch aufgerufen.

8. Bei der Installation wird eine eigene Programmgruppe und das **EFC-400**-Icon erzeugt. Sie können jetzt die Anordnung der Programmgruppe nach Ihren Wünschen umgestalten.
9. Wenn Sie die Datenbankschnittstelle einsetzen möchten, ist aufgrund des XML Formates keine weitere Installation erforderlich. XML wird auch für das Speichern von Meßdaten und Bodenprofilen als Datenbank verwendet.
10. Für die Installation von **EFC-400** auf einem Netzwerk-Server beachten Sie bitte die Anleitung "EFC-400 Netzwerk Betrieb". Lesen Sie ebenfalls aufmerksam die Informationen der Readme-Datei.

**Sie haben die Installation erfolgreich abgeschlossen.** Alle Dateien befinden sich in den von Ihnen angegebenen Verzeichnissen. Zur weiteren Information befindet sich im Anhang eine Dateiliste, in der die Dateitypen aller installierten Dateien aufgeführt und bezüglich ihrer Funktion beschrieben sind.

### 3.3 Softwareschutz

Der Softwareschutz kann auf Softwarebasis (**Softkey**) oder als **Hardlock** ausgeführt sein. Weitere Informationen hierzu entnehmen Sie der Installationsanleitung bzw. den Readme-Dateien. In jedem Fall ist vor dem ersten Programmstart eine Registrierung durchzuführen.

#### Registrierung:

Beim ersten Aufruf von EFC-400 erscheint ein Dialog:

**"Program not registered, 'Register' first!"**

Die Registrierung wird einmalig mittels des Programms **REGISTER.EXE** durchgeführt.

Abgefragt werden die Seriennummer, der Benutzername und eventuell ein Schlüsselcode (Softkey). Stimmen alle Eingaben, können Sie **EFC-400** starten und finden die Seriennummer und den User-Namen in der About-Box wieder. Updates und Programmweiterungen erfordern **KEINE** erneute Registrierung.

**Hinweis:** Ist die Registrierung fehlgeschlagen, verbietet die Systemumgebung die Änderungen, die bei der Registrierung vorgenommen werden.

Die **Run-Only Kommandozeilenversion** (nur für NF) ist nicht mit einem Softwareschutz versehen, so daß umfangreiche Berechnungen auf beliebig viele Rechner verteilt werden können.

Ist ein **EFC-400**-Programm mit Einzellizenz bereits im Netzwerk in Ausführung, und wird versucht **EFC-400** erneut zu starten, wird die Fehlermeldung "**Netware access denied!**" ausgegeben und der Programmstart abgebrochen. An einem Arbeitsplatz können Sie jedoch mehrere Instanzen von **EFC-400** ausführen.

## 4. Programm Beschreibung

### 4.1 Hauptfenster

In der Abbildung **Hauptfenster** ist das **EFC-400** Programmfenster mit seinen Pull-Down Menüs und der Toolbar zu sehen. Der Fenstertitel enthält den Programmnamen und die Versionsnummer.

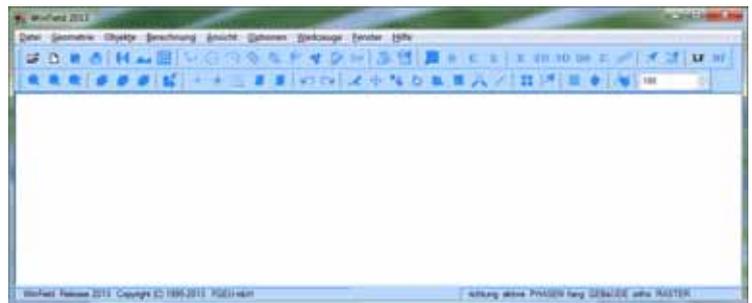


Abb. Hauptfenster

In den Menüs sind Befehle zur Darstellung, zur Berechnung, zum Datenexport und zur Druckausgabe enthalten. Das Programm **EFC-400** wird über das Menü **Datei** mit dem Menüpunkt "**Beenden**" beendet.

Solange keine Geometrie geladen ist, sind die meisten Menüeinträge deaktiviert (grauer Farbton). Die aktiven Funktionen sind mit dunklen Farbtönen gekennzeichnet.

Die Steuerung der Menüs, sowie der **EFC-400** Funktionen erfolgt mit der Maus und mit Tastenkombinationen. Einige Tasten kommen bei der Programmsteuerung häufiger zur Anwendung. Zu diesen Sondertasten gehören **ESC**, **PgUp**, **PgDn** und die **Cursorsteuertasten**.

Die Sondertasten haben folgende generelle Funktion:

<b>ESC</b>	-	Abbruch
<b>PgUp, PgDn</b>	-	Seitenwechsel
<b>CURSOR</b>	-	Zeilenauswahl

### Umschaltung zwischen HF und NF

Die Umschaltung zwischen HF- und NF-Modus erfolgt über die gleichnamigen Toolbar Schalter. In den speziell für HF oder NF angebotenen Versionen sind diese Schalter nicht vorhanden und das Programm befindet sich per Definition im entsprechenden Modus.

## 4.2 Geometriefenster

Das **Geometriefenster** gliedert sich in 2 Bildschirmbereiche. Im obersten Block sind die Berechnungsparameter dargestellt. Der untere Bereich zeigt die Liste der Objekte. Je nach NF- oder HF-Modus handelt es sich dabei um Leiter oder Transmitter.

Para. No.	Number Ropes	Number Segments	Startpoint			Vector			Number Points	Y-Shift	Z-Shift	Number of Rows		
0	14	1	X[m]	Y[m]	Z[m]	X[m]	Y[m]	Z[m]	101	25.0	0.0	33		
No.	Startcoordinates			Endcoordinates			Height	Voltage	Current	Phase	Rope Radius	No. Subr.	Dist. Subr.	Frequency
	X[m]	Y[m]	Z[m]	X[m]	Y[m]	Z[m]	[m]	[kV]	[A]	[°]	[mm]		[m]	[Hz]
1	-7.8	0.0	24.0	-7.8	320.0	24.0	12.0	380.0	1000.0	0.0	10.0	4	0.4	50
2	-14.3	0.0	24.0	-14.3	320.0	24.0	12.0	380.0	1000.0	120.0	10.0	4	0.4	50
3	-10.8	0.0	35.0	-10.8	320.0	35.0	23.0	380.0	1000.0	240.0	10.0	4	0.4	50
4	7.8	0.0	24.0	7.8	320.0	24.0	12.0	380.0	1000.0	0.0	10.0	4	0.4	50
5	14.3	0.0	24.0	14.3	320.0	24.0	12.0	380.0	1000.0	120.0	10.0	4	0.4	50
6	10.8	0.0	35.0	10.8	320.0	35.0	23.0	380.0	1000.0	240.0	10.0	4	0.4	50
7	0.0	0.0	50.2	0.0	320.0	50.2	38.2	0.0	51.8	86.1	10.0	1	0.0	50
8	-7.8	-320.0	24.0	-7.8	0.0	24.0	12.0	380.0	1000.0	0.0	10.0	4	0.4	50
9	-14.3	-320.0	24.0	-14.3	0.0	24.0	12.0	380.0	1000.0	120.0	10.0	4	0.4	50
10	-10.8	-320.0	35.0	-10.8	0.0	35.0	23.0	380.0	1000.0	240.0	10.0	4	0.4	50
11	7.8	-320.0	24.0	7.8	0.0	24.0	12.0	380.0	1000.0	0.0	10.0	4	0.4	50
12	14.3	-320.0	24.0	14.3	0.0	24.0	12.0	380.0	1000.0	120.0	10.0	4	0.4	50
13	10.8	-320.0	35.0	10.8	0.0	35.0	23.0	380.0	1000.0	240.0	10.0	4	0.4	50
14	0.0	-320.0	50.2	0.0	0.0	50.2	38.2	0.0	51.8	86.1	10.0	1	0.0	50

Abb. Geometriefenster im NF-Modus

Das **Geometriefenster** ist der Ausgangspunkt für die Bearbeitung von Geometriedatensätzen. Sie können Objekte markieren und editieren. Über das Register im unteren Bereich des Fensters können Sie die Bibliothek aufrufen um neue Objekte hinzuzufügen. Im NF-Modus kann zudem in eine logisch höhere Ebene gewechselt werden, in der Freileitungs-, Kabel- und Bahntrassen als Ganzes bearbeitet werden können.

Sobald der Geometriedatensatz Ihren Wünschen entspricht, können Sie die Berechnungsparameter einstellen (im Menü **Berechnung**) und die Berechnung auslösen.

**Hinweis:** Es wird nur dann neu berechnet, falls die Geometrie geändert wurde. Durch Ausführen des Menüpunktes "**Daten zurücksetzen**" im Menü **Berechnung** kann eine erneute Berechnung erzwungen werden.

## Eigenschaften der Objekte ändern

Im **Geometriefenster** ändern sie die Eigenschaften der Objekte, indem Sie mit der rechten Maustaste auf einen Listeneintrag klicken.

Im HF-Modus erscheint der Transmitter Dialog.

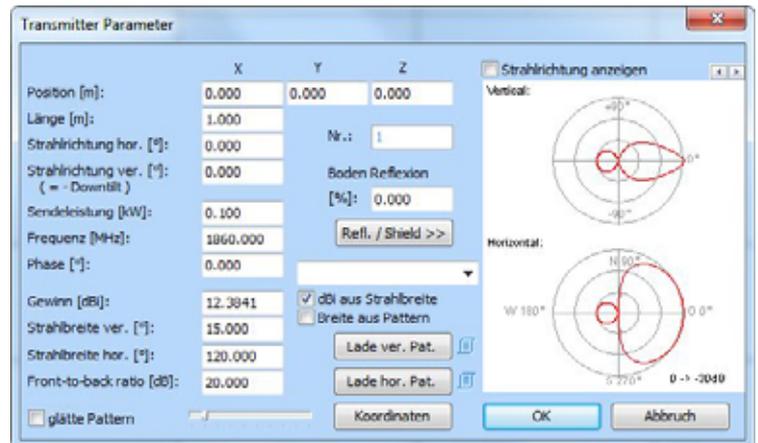


Abb. Transmitter Parameter Dialog

Im NF-Modus wird der Leiter Dialog geöffnet, wo Sie unter dem Register „Erweitert“ rechteckige Querschnitte definieren und die Materialkonstanten festlegen können.

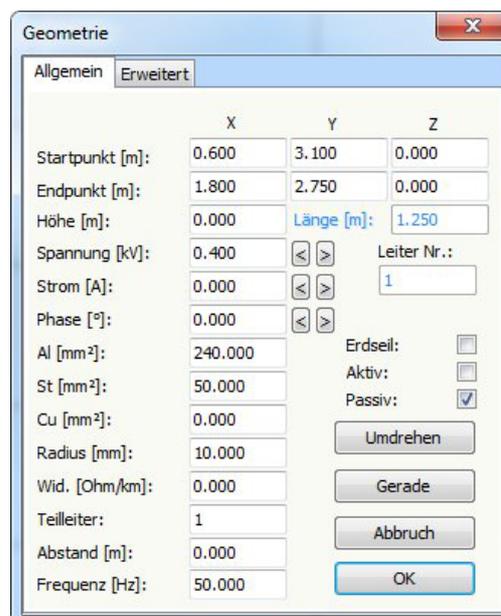


Abb. Leiter Dialog

### 4.3 Konstruktionsfenster

Im **Konstruktionsfenster** werden die Objekte Ihrer Geometrie graphisch dargestellt.

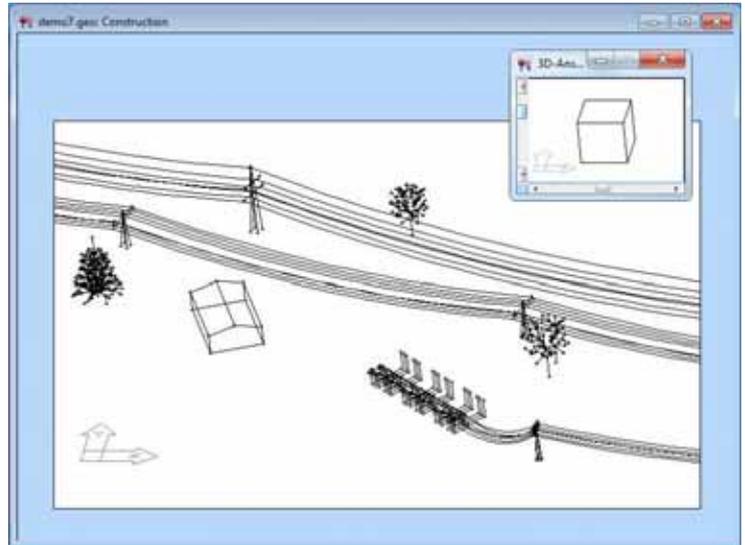


Abb. Konstruktionsfenster im NF-Modus

Sie haben die Möglichkeit, Objekte wie unter CAD per Maus zu bearbeiten, wobei Sie die Geometrie von einem beliebigen 3D-Ansichtspunkt betrachten können. Wählen Sie hierzu den Befehl **3D-Ansichtspunkt** aus dem Hauptmenü oder dem lokalen Menü.

Alle Zeichenfunktionen, insbesondere auch **Selektieren-, Verschieben-, Kopieren per Maus** etc., sind voll funktionsfähig. Beim Schieben im 3D-Raum können Sie die relativen Koordinaten ablesen. Die verschobenen Objekte liegen immer in der Ebene des aktuellen Berechnungsfeldes. Zur Konstruktion komplexer Anlagen können Sie diese in jeder Ansicht betrachten und auch bearbeiten. Der Würfel und das Koordinatensymbol verdeutlichen dabei die Ansichtsebene.

## 4.4 Virtual Reality Fenster

Das **Virtual Reality Fenster** hat die gleiche Priorität wie das Konstruktionsfenster und kann zudem die Berechnungsdaten anzeigen. Sie können Objekte genauso markieren und die gleichen Funktionen anwenden wie im Konstruktionsfenster.



Abb. Virtual Reality Fenster im HF-Modus

**Hinweis:** Bitte beachten Sie jedoch, daß Sie Objekte innerhalb von Schaltschränken oder Gebäuden nicht direkt markieren können. Drücken Sie hierzu die Funktionstaste F7 um Gebäude und Schaltschränke, wie auch im Konstruktionsfenster, auszublenden und Zugriff auf die interne Struktur zu bekommen.

Die rosa Halbkugel im **Virtual Reality Fenster** ist das Sichtziel der Kamera. Mit der Maussteuerung wird die Ansicht wie folgt verändert: Ziehen mit der linken Taste verschiebt das Sichtziel in der Ebene (bei gleichzeitig gedrückter Strg-Taste in der Höhe), ziehen mit der mittleren Taste verändert den Abstand zum Sichtziel, daß heißt zoom in / out, ziehen oder bewegen mit der rechten Taste dreht oder kippt die Ansicht um das Sichtziel. Eine Ansicht unterhalb des Bodens ist nur möglich, wenn die Darstellung des Himmels abgeschaltet wird. Objekte können wie in der Konstruktionsansicht per Maus selektiert, eingefügt, verschoben und kopiert werden. Die Drehung in 90 Grad Schritten beim Einfügen per Maus erfolgt wie im Konstruktionsfenster mit den <--> Cursor Tasten. Die Auswahl absoluter Koordinaten in 3D ist nicht möglich, da diese nicht definiert sind. Per Klick mit der rechten Maustaste auf den freien Bereich der Toolbar können Sie ein Menü öffnen, um z.B. die Darstellung der Hintergrundkarte zu konfigurieren.

**Hinweis:** Die 3D-Objekte liegen im \*.3ds-Format ('3D-Studio Max') vor und müssen nicht selbst konstruiert werden. EFC-400 erzeugt die Objekte automatisch. Bäume, Häuser, Autos, etc., wurden im Verzeichnis 'lib3ds' abgelegt und werden mittels '3ds -zuordnen' mit Blöcken verknüpft.

**Hinweis:** Wenn Sie anstelle des Virtual Reality Fensters die alte EXCEL ähnliche 3D Höhenprofilgrafik ansehen möchten, können Sie unter 'Erweiterte Einstellungen | System' das Virtual Reality Interface abschalten.

## 4.5 Trassen Editor

Der **Trassen Editor** wurde speziell für die komfortable Eingabe und Bearbeitung von Hochspannungstrassen, Erdkabeln und Streckenführungen der Bahn entwickelt und wird über das Register **Trassen** des **Geometrie Fensters** aufgerufen. Der **Trassen Editor** steht nur im NF-Modus zur Verfügung.

**Hinweis:** das Umschalten zwischen dem Leiter- und dem Trassen Editor (d.h. zwischen dem Standard und dem Extended Geometrie Format) im NF-Modus kann auch durch Klick auf den EXT Toolbar Button oder mit der Option Extended Geometrie Format unter dem Register "Freileitungen ..." im Optionen Dialog erfolgen.

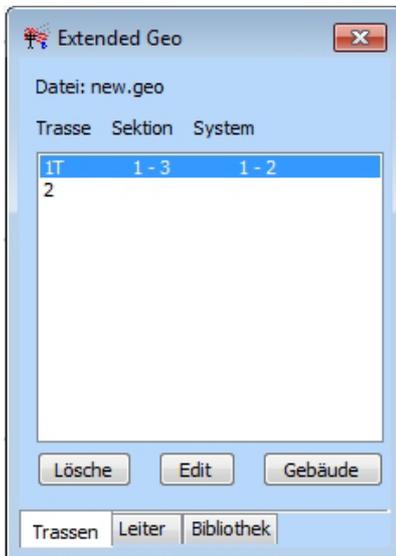


Abb. Trassen Editor

Leitenseile sind im **Trassen Editor** zu Systemen zusammengefaßt, die ihrerseits mit Masten verknüpft sind. Masten lassen sich wiederum zu Trassen gruppieren. Dies bietet den Vorteil einer einfachen Handhabung, wie z.B. dem Drehen oder Verschieben ganzer Trassen. Durch nur eine Eingabe kann der Strom auf einer gesamten Freileitung eingestellt werden. Wird ein einzelner Mast verschoben, werden die Leitenseile wie "Gummibänder" nachgeführt.

Im oberen Teil des **Trassen Editors** wird der Name des Geometriedatenfiles angezeigt. Das Listenfenster in der Mitte zeigt mit fortlaufender Numerierung die bereits in der Geometrie enthaltenen Objekte. Jede bestehende Trasse wird mit den zugehörigen Trassenelementen (Abschnitten und Systemen) angezeigt. Freileitungen sind dabei mit einem "T" gekennzeichnet, Erdkabel mit "C" und Streckenführungen mit einem "R". Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß bei Freileitungen und Kabeln vom Vorliegen eines 3 Phasendrehstromsystems ausgegangen wird (Symmetry), während die Ströme auf Oberleitung und Schienen bei einer Streckenführung der Bahn unterschiedlich sein können (Asymmetry).

Durch Doppel-Klick auf einen mit "T" gekennzeichneten Listeneintrag wird die **Mastverwaltung** aktiviert, wo die entsprechenden Masten und Systeme editiert werden können. Analog wird über "C" und "R" Listeneinträge die **Kabel** oder die **Bahnverwaltung** aufgerufen.

## Mastverwaltung

Die **Mastverwaltung** dient zur Bearbeitung einer selektierten Hochspannungsfreileitung. Sie ermöglicht die Übernahme von neuen Masten in die Geometrie und die Bearbeitung bereits bestehender Elemente. "Wirkliche" Masten werden nur dann nachgebildet, wenn die Höhe (Masthöhe) größer Null ist. Andernfalls handelt es sich um einen virtuellen Masten (Stützpunkt), wie er z.B. für Erdkabel oder Streckenführungen der Bahn verwendet wird. Dieser Stützpunkt markiert nur das Ende oder den Anfang eines Abschnittes.

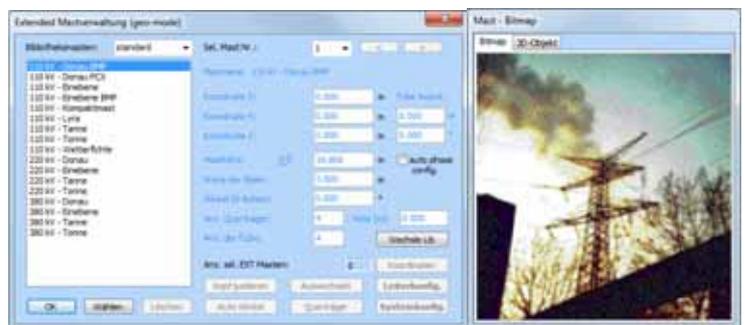


Abb. Mastverwaltung

Die Masten bilden eine logisch zusammenhängende Gruppe, die von **EFC-400** mit durchgehenden Leiterseilsystemen versehen wird. Die zugehörigen Einstellungen werden mit den Button "**Systemkonfig.**" und "**Leiterkonfig.**" aufgerufen, wo die elektrischen und geometrischen Parameter der Leiterseilsysteme konfigurierbar sind.

NAEKEBA 18/30kV 3\*240RM

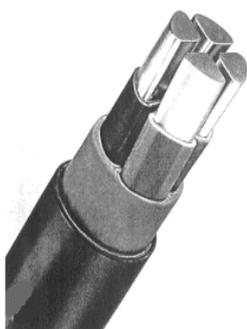


Abb. Kabel

## Kabelverwaltung

Die **Kabelverwaltung** dient zur Bearbeitung eines selektierten Erdkabels. Sie ermöglicht die Übernahme von neuen Abschnitten in die Geometrie und die Bearbeitung bereits bestehender Elemente.

Grundsätzlich besteht kein Unterschied zur **Mastverwaltung** mit Ausnahme der Bezeichnungen und der Freigabe von Eingabefeldern.

## Bahnverwaltung

Die **Bahnverwaltung** dient zur Bearbeitung eines selektierten Streckenabschnittes der Bahn. Ansonsten gilt die gleiche Beschreibung wie für die **Mastverwaltung** und die **Kabelverwaltung**.

## Systemkonfiguration

Das **Systemkonfigurationsfenster** dient zum Festlegen der elektrischen Konfiguration einer Trasse. Es wird aus der **Mast-, Kabel- oder Bahnverwaltung** mit dem **"Systemkonfig."** Button aufgerufen.

System Nr.: 1		Erdseil Nr.: 1	
Spannung:	110.000 kV	Al:	44 mm <sup>2</sup>
Strom:	645.000 A	St:	32 mm <sup>2</sup>
Frequenz:	50.000 Hz	Cu:	0 mm <sup>2</sup>
Al:	240 mm <sup>2</sup>	Leiterradius:	5.687 mm
St:	40 mm <sup>2</sup>	Widerstand [Ohm/km]:	0.000
Cu:	0 mm <sup>2</sup>	Erdbodenwiderstand:	50.000 ohmm
Leiterradius:	10.916 mm	Strom:	30.831 A
Widerstand [Ohm/km]:	0.000	Phase:	312.654 °
Anz. der Erdseile:	2	Phasenleiter Nr.:	1
Anz. der Teilleiter:	1	Phase:	0.000 °
Teilleiter Abstand:	0.000 m	Strom:	645.000 A
Anz. der Systeme:	2 <input checked="" type="checkbox"/> sym.	Spannung:	110.000 kV

Abb. Systemkonfiguration

Die auf der linken Seite angeordneten Parameter beziehen sich auf jeweils ein System der ausgewählten Trasse, wobei mit den Pfeil-Button "<" und ">" zwischen den Systemen gewechselt werden kann.

Im oberen rechten Arbeitsbereich befinden sich die Angaben zu den Erdseilen, im darunter liegenden die zu den Phasenleitern.

Auch hier werden wieder die Pfeil-Button "<" und ">" verwendet, um zwischen den Erdseilen bzw. Phasenleitern zu wechseln.

## Leiterkonfiguration

Das **Leiterkonfigurationsfenster** dient zum Editieren der geometrischen Aufhängepunkte des aktuellen, in der **Mastverwaltung** selektierten, Masten.

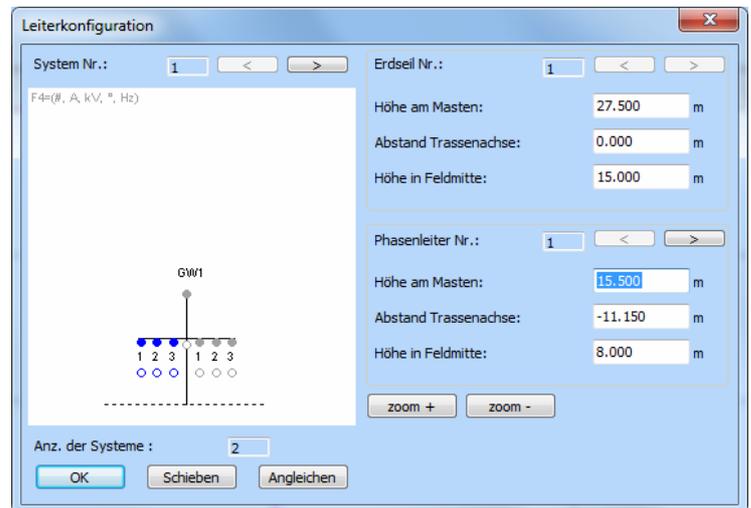


Abb. Leiterkonfiguration

Zur Auswahl eines bestimmten Systems werden die Pfeil-Button "<" und ">" verwendet (links oben). Das derzeit ausgewählte System wird in der Skizze blau dargestellt.

Auf der rechten Seite des Bildschirms können die Aufhängepunkte explizit für jedes Leiter- und Erdseil eingegeben werden. Zum Wechsel zwischen Leiter- bzw. Erdseilen verwenden Sie bitte die Pfeil-Button.

Auf der linken Seite des Bildschirms wird eine schematische Darstellung des Masten angezeigt, die den Geometrieangaben entspricht. Bei Veränderung der Leiterkoordinaten wird die Skizze umgehend aktualisiert.

Zur Positionierung der Seile stehen zusätzlich zwei sehr nützliche Werkzeuge zur Verfügung:

Mit dem Befehl "**Schieben**" können Sie den Erdbodenabstand eines einzelnen Seiles, eines System oder aller Systeme im aktuellen Mastfeld anpassen.

Falls der Erdbodenabstand nicht in Mastfeldmitte, sondern an einer anderen Position bekannt ist, kann eine Berechnung mit der Funktion "**Angleichen**" erfolgen. Hierbei wird die Seilhöhe in einem frei wählbaren Abstand (X-Position) vom ersten Mast eingegeben.

**Hinweis:** Unter dem aktuellen Mastfeld wird der Raum zwischen dem aktuellen Mast und seinem Nachfolger verstanden.

## 4.6 Bibliotheksverwaltung

Mit der **Bibliotheksverwaltung** können Sie bereits existierende Bibliotheken verwalten oder eigene Bibliotheken erzeugen. Über das Register können Sie zwischen Masten, Bahn- und Kabelstrecken oder allgemeinen Objekten, d.h. Blöcken wechseln. Blöcke sind dabei je nach NF- oder HF-Modus Schalt- oder Sendeanlagen.

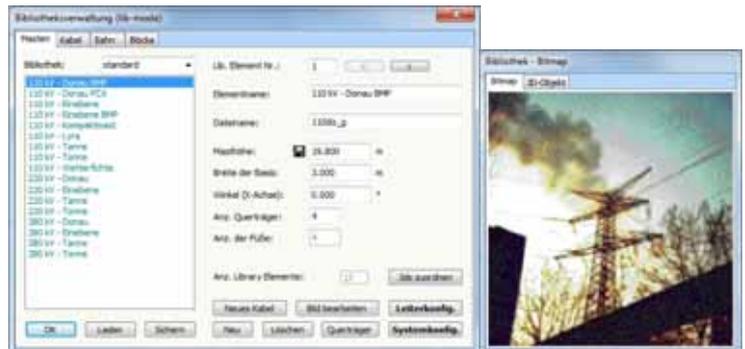


Abb. Bibliotheksverwaltung mit Ansicht von Masten im NF-Modus

Unter der Titelleiste der **Bibliotheksverwaltung** steht der Name der derzeit geöffneten Bibliothek. Im Arbeitsbereich des Fensters befindet sich links eine Liste aller in der Bibliothek enthaltenen Objekte. Der rechte Bildabschnitt zeigt die dazu gehörenden Daten und Editiermöglichkeiten. Zur visuellen Unterstützung wird ebenfalls eine Bitmap des selektierten Objektes bereitgestellt.

## 4.7 Optionsdialoge

Die **Optionsdialoge** sind über das Menü **Optionen | Standard Optionen** erreichbar und gliedern sich in 6 Bereiche. Bei den speziell für NF oder HF ausgelegten Programmversionen ist die Anzahl der Bereiche eingeschränkt.

Mit den Menüpunkten "**Konfiguration laden**" und "**Konfiguration speichern**" des Menüs **Optionen** können Konfigurationen geladen und gespeichert werden. Darüber hinaus bietet die Einstellung "**Automatische Konfiguration**" die Möglichkeit, Konfigurationsinformationen gemeinsam mit dem Geometriedatenfile zu speichern bzw. zu laden. Dadurch kann eine einmal auf das Geometriedatenfile abgestimmte Konfiguration bei jeder Arbeitssitzung beibehalten werden (Standardeinstellung).

Die Funktionen im einzelnen sind:

**Standard :**

Allgemeine Programmeinstellungen  
(z.B.: Grafikkonfiguration, Titeleinblendung, ...)

**Extended :**

Berechnungsvorgaben  
(z.B.: Interpolationspunkte, Sparse Matrix Inversion, ...)

**Technical :**

Berechnungseinstellungen  
(z.B.: Frequenz, Zeitabhängiges Feld, ...)

**Freileitung :**

Berechnungseinstellungen für Freileitungen  
(z.B.: Segmente per Mast, ...)

**Kataster :**

Einstellungen für Bodenkoordinaten und Bodenprofile  
(z.B.: Emissionsraster, Bodenprofil anzeigen, ...)

**Geräuschpegel :**

Einstellungen für die Geräuschpegelberechnung  
(z.B.: Berechnungsverfahren, Wetterbedingungen, ...)

## 4.8 Verzeichnisstruktur

**EFC-400** verfügt über eine komfortable Verwaltung der Datei- und Verzeichnisstruktur.

Dazu gehört:

**EFC-400** merkt sich beim Start das Verzeichnis, aus dem es aufgerufen wurde (Startverzeichnis), um beim Verlassen automatisch wieder dorthin zu wechseln.

**EFC-400** organisiert Bibliotheken in den Verzeichnissen "LIB", "BlockLib" und "TransLib", die Unterverzeichnisse des **EFC-400** Programmverzeichnisses sind. Beim Anlegen einer Bibliothek wird ein neues Verzeichnis mit dem Bibliotheksnamen erzeugt, wodurch Übersichtlichkeit und eine Kapselung der Daten erreicht wird.

**EFC-400** bietet dem Anwender beim Programmstart den Vorzug, automatisch in dem Verzeichnis der vorigen **EFC-400** Sitzung weiter zu arbeiten. Dies wird durch Speicherung des letzten Arbeitsverzeichnisses und einen automatischen Verzeichniswechsel bei Programmstart realisiert.

Beim Aufruf von **EFC-400** sind folgende Varianten denkbar:

- 1) **EFC-400** wird über das Icon aus dem Explorer heraus aufgerufen.
- 2) **EFC-400** wird über die Kommandozeile aufgerufen.
- 3) Eine Datei mit der Extension "**GEO**" wurde im Explorer ausgeführt.

Fall 1+2): Das Arbeitsverzeichnis entspricht dem Arbeitsverzeichnis der vorigen **EFC-400**-Sitzung.

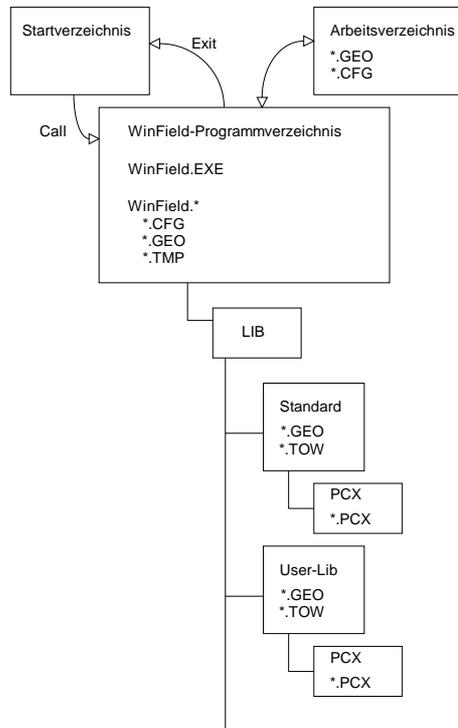
Fall 3): Das Arbeitsverzeichnis entspricht dem Verzeichnis der "**GEO**" Datei.

"**CFG**" Dateien werden im Unterverzeichnis CONFIG abgelegt, oder im **Konfigurations-Verzeichnis**, falls dieses spezifiziert wurde.

**EFC-400** verwendet sechs vom Anwender einstellbare Pfade,

<b>Arbeits</b>	<b>-Verzeichnis</b>
<b>Temporär</b>	<b>-Verzeichnis</b>
<b>Konfigurations</b>	<b>-Verzeichnis</b>
<b>Bibliotheks</b>	<b>-Verzeichnis</b>
<b>Report</b>	<b>-Verzeichnis</b>
<b>Protokoll</b>	<b>-Verzeichnis</b>

die nachfolgend erläutert werden.



```

EFC-400 Programmverzeichnis
+---EXAMPLE
|   +---BAHN
|   +---BERLIN
|   +---U-BAHN
+---LIB
|   +---BAHN
|   |   +---PCX
|   +---KABEL
|   |   +---PCX
|   +---SPECIAL
|   |   +---PCX
|   +---STANDARD
|   |   +---PCX
+---PROTOCOL
+---REPORT
+---TEMP
+---TUTORIAL
  
```

**Arbeits-Verzeichnis:**

Hier werden die Hauptkonfigurations-Dateien von **EFC-400** abgelegt, die Informationen über die Berechnungsoptionen, Farbeinstellungen, Bibliotheken, etc. enthalten.

"EFC-400.CFG"  
"EFC-400.LIB"  
"EFC-400.BKL"  
"EFC-400.DXF"

Voreingestellt ist das Verzeichnis EFC-400. Verändert werden sollte dieses Verzeichnis nur beim Netzwerkbetrieb.

**Temporär-Verzeichnis:**

Hier werden die von **EFC-400** verwendeten temporären Daten abgelegt. Dies sind insbesondere Dateien zur Sicherung der Berechnungsdaten,

"B.TMP"  
"E.TMP"  
"BP.TMP"  
"EP.TMP"

und die Auslagerungsdatei "CALC\*\*\*\*.TMP" die **EFC-400** erzeugt, sobald der Hauptspeicher belegt ist.

Achtung! Die maximale Größe eines Berechnungsfeldes ist vom freien Speicher im **Temp-Verzeichnis** abhängig und wird während der Berechnung als "**Free HD xxxxxxxx Punkte**" angezeigt. Es gilt der Zusammenhang: "max Points" = "Free HD / 12". Sollte der freie Platz auf der Festplatte gering sein, so kann "**Free HD**" < "**Free Mem**" sein. Es ist deshalb ratsam das **Temp-Verzeichnis** auf ein Laufwerk mit großen Reserven zu legen.

Im Netzwerkbetrieb sollte jeder Nutzer ein eigenes **Temp-Verzeichnis** definieren.

**Hinweis:** Ein Überschreiben der "CALC\*\*\*\*.TMP" Auslagerungsdateien einzelner Netzwerk-User oder verschiedener Prozesse kann nicht auftreten. Die temporären Berechnungsdaten und die Zwischenergebnisse der Protokollerstellung können jedoch bei gemeinsam genutzten TEMP Verzeichnissen überschrieben werden!

**Konfigurations-Verzeichnis:**

Hier werden die Konfigurations-Dateien von **EFC-400** abgelegt, die Informationen über die Berechnungsoptionen, Farbeinstellungen, etc. enthalten.

"\*.CFG"

Das Konfigurations-Verzeichnis ist normalerweise das Verzeichnis EFC-400\CONFIG. Verändert werden sollte es nur beim Netzwerkbetrieb. Im Netzwerk kann jeder Nutzer ein eigenes **Konfigurations-Verzeichnis** definieren, andernfalls

sollten die Nutzer sich bewußt sein, daß sie mit einem gemeinsamen Pool von Konfigurationen arbeiten.

### **Bibliotheks Verzeichnis:**

Hier gilt das gleiche, wie für das **Konfigurations-Verzeichnis**. Normalerweise werden alle Nutzer im Netzwerk mit den gleichen Bibliotheken (Masten, Kabel, Antennen und Blöcke) arbeiten. Neue Elemente stehen damit allen Nutzern zur Verfügung. Grundsätzlich kann jeder Nutzer sein eigenes **Bibliotheks-Verzeichnis** festlegen. Sinnvoll erscheint dies jedoch nur, wenn verschiedene Arbeitsgruppen an unterschiedlichen Projekten arbeiten.

**Hinweis:** Jeder **Bibliotheks-Mast** ist durch eine eigene Datei Namens "\*.TOW" definiert. Zusätzlich befindet sich im Subdirectory \PCX (oder \BMP) der Bibliothek eine zugehörige Bitmap "\*.PCX" (oder "\*.BMP") mit gleichem Namen. Beim Erzeugen einer Geometrie, die Masten enthält, werden Verweise auf die entsprechenden Bitmaps in der "\*.GEO" Datei abgelegt. Die Verweise bestehen aus einem relativen Verzeichnis, wie z.B. Standard/PCX/EE110.PCX. Dies ermöglicht das Verschieben einer Bibliothek auf ein anderes Laufwerk oder in ein neues Verzeichnis. Wechselt der Nutzer die Verzeichnis-Einstellungen der Bibliothek, werden zu Masten aus früheren Geometriedateien die Bitmaps gleichen Namens aus dem \PCX (oder \BMP) Verzeichnis der neuen Bibliothek geladen. Wenn diese nicht vorhanden sind, erfolgt keine Anzeige - enthält die Datei ein anderes Bild als das ursprüngliche, wird dieses angezeigt! (Dies betrifft nur die Mastbitmap, der eigentliche Mast bleibt selbstverständlich unverändert.)

### **Report-Verzeichnis:**

Hier sind die Report-Vorlagen abgelegt, die ReportSmith benutzt, um einen Bericht der **EFC-400** Geometrie zu erzeugen.

### **Protokoll-Verzeichnis:**

Ist das Verzeichnis der ReportSmith Protokoll-Vorlagen.

Zusätzlich zeigt **EFC-400** das **EFC-400** Programmverzeichnis an. Dieses Verzeichnis kann nicht in **EFC-400** geändert werden.

## 5. Dateneingabe

Die Geometrielemente von **EFC-400** sind **Transmitter, Leiter, Erdseile, Masten, Kabel, Trassen, Gebäude, Gehäuse, Metallplatten und Blöcke**. Das folgende Kapitel beschreibt die Verknüpfung dieser Elemente zu einem Geometriedatensatz.

### 5.1 Projekt Info

Zu jedem **EFC-400** Geometriedatensatz kann ein **Projekt-Info** angelegt werden. Dieses enthält allgemeine Informationen wie



Abb. Project Info

<b>Project</b>	-	Projekt Titel
<b>Proj.-Nr.</b>	-	Projekt Nr.
<b>Company</b>	-	Firma
<b>Manager</b>	-	Projektleiter/Bearbeiter
<b>City</b>	-	Ort
<b>Date</b>	-	Erstellungsdatum
<b>Commissioner</b>	-	Auftraggeber

und bietet die Möglichkeit einen Kommentar-Text zu hinterlegen. Zusätzlich zeigt das Info die zum Projekt gehörigen Dateien an, die von WF-Protokoll zum Erstellen von Protokollen genutzt werden.

<b>Geo Data</b>	-	Geometriedatensatz
<b>Data Plot</b>	-	Bitmap eines Ansichtsfensters
<b>Tower</b>	-	Bitmap einer schematischen Mastskizze oder Antennenskizze
<b>Statistics</b>	-	statistische Information

Durch Doppelklick auf das Eingabefeld der Dateinamen öffnet sich automatisch ein Datei Dialog.

Sie haben drei Möglichkeiten, **Projekt-Info** aufzurufen.

- 1) EFC-400: **File | Projekt | Info**
- 2) EFC-400: **File | Projekt | Neu**: neue Geometrie/Projekt
- 3) Explorer: Direkte Ausführung von WF-Info

Bei Ausführung aus EFC-400 wird automatisch das Info zur aktuellen Geometrie geladen. Andernfalls müssen Sie manuell eine Geo-Datei oder eine Datenbank laden.

**Hinweis:** Die Projekt Informationen zu einem Geometriedatensatz werden in einer gleichnamigen Datei mit der Extension '\*.IFO' gesichert.

## 5.2 Transmitter

In diesem Abschnitt werden der Geometriedatensatz und der Eingabevorgang von Strahlern beschrieben. Einen Strahler kann man dabei als einzelne Antenne auffassen oder als Teilstrahler einer komplexen Antennenanlage.



Abb. Transmitter Parameter Dialog

Ein Transmitter wird durch geometrische (Oben) und elektrische (Mitte) Parameter sowie die Abstrahlcharakteristik (Unten) beschrieben.

Die fortlaufende Nr. dient der Identifizierung und kann nicht verändert werden. Die Reflexion am Erdboden ist für die meisten Anwendungsfälle als 0% anzusetzen weil die Absorption überwiegt.

### Parameter zur Lagebeschreibung:

Die Position und die Länge definieren den Standort und die Abmessungen des Transmitters. Die Strahlrichtungen legen die Orientierung fest. Der Transmitter ist um den Winkel der vertikalen Strahlrichtung geneigt und wird in den Ansichtsfenstern entsprechend dargestellt.

### Elektrische Parameter:

Frequenz und Sendeleistung sind entsprechend den Gegebenheiten einstellbar. Die Phasenlage sollte 0° betragen, es sei denn Sie wollen eine komplexe Antenne aus mehreren Teilstrahlern aufbauen, welche untereinander Phasendifferenzen aufweisen. Diese Methode stellt ein synthetisches Modell entsprechend DIN VDE 0848 Teil 383 als geeignetes Bezugs- bzw. alternatives Verfahren für die Ermittlung der Konformitätsgrenzen im abstrahlenden Nahfeld von Mobilfunk Basisstationen dar.

### Abstrahlcharakteristik:

Aufgrund der Parameter zur Definition der Abstrahlcharakteristik werden rechts im Dialog die vertikalen und horizontalen Richtstrahldiagramme, nachgebildet durch Kugelfunktionen, dargestellt.

Ist die Checkbox "**dB<sub>i</sub> aus Strahlbreite**" aktiviert, wird der Antennengewinn gegenüber einem isotropen Strahler durch räumliche Integration über die Fläche der Kugelfunktionen auf 0.1% Genauigkeit bestimmt. Dieser Wert kann von den Angaben der Herstellers abweichen, weil die Abstrahlwinkel häufig mit einem Fehler von einigen Grad angegeben werden. Wollen Sie den Gewinn des Herstellers fest vorgeben, müssen Sie die Checkbox deaktivieren.

### Abstrahlcharakteristik des Herstellers laden:

Mittels der Schalter "**Lade ver Pat.**" und "**Lade hor Pat.**" können Antennenpattern geladen werden. Es handelt sich dabei um ASCII Dateien der Extension \*.PAT oder \*.MSI, deren Aufbau mit einem Text Editor eingesehen werden kann.

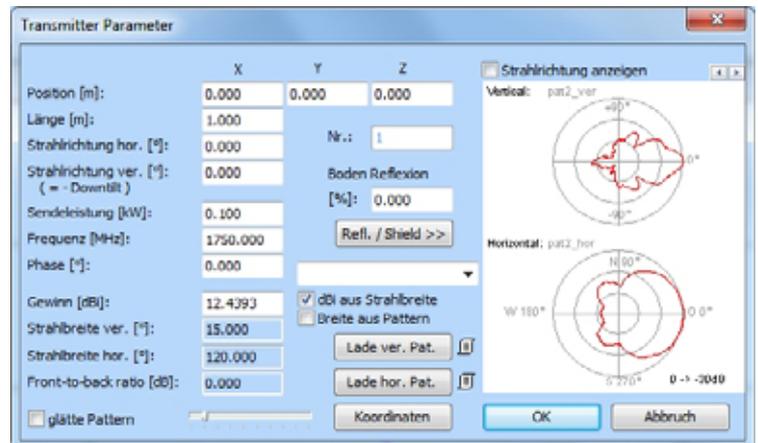


Abb. Transmitter Parameter Dialog mit geladenen Pattern

Aus den Pattern wird bei der Feldberechnung eine dreidimensionale Oberfläche interpoliert (Interpolation 3ten-Grades) welche auf den Antennengewinn normiert ist und die tatsächlich gemessene Abstrahlcharakteristik der Antenne wiedergibt.

Bei geladenen Pattern werden die Öffnungswinkel bei der Feldberechnung grundsätzlich ignoriert. Die Öffnungswinkel können jedoch mit Aktivierung der Checkbox "**Breite aus Pattern**" durch Integration aus den Pattern Daten berechnet werden. Dieses erfolgt jedoch nur beim Laden des Pattern.

Pattern mit der Extension \*.MSI enthalten auch die Angabe der Frequenz und des Antennengewinns die automatisch geladen werden. Es ist deshalb nicht erforderlich die Optionen "**dB<sub>i</sub> aus Strahlbreite**" und "**Breite aus Pattern**" zu

aktivieren. Andernfalls wird nicht die Herstellerangabe verwendet, sondern der Gewinn aus den Pattern berechnet.

### Konfiguration:

Die Konfiguration erfolgt per <Ref./Shield> Schalter.

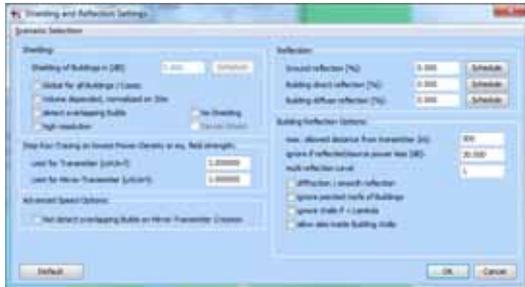


Abb. Konfiguration von Schirmung und Reflektion

### Vorgang der Transmitter Eingabe:

Die Transmitter Eingabe wird im **Geometriefenster** durchgeführt. Zeile null zeigt die Berechnungsparameter und die Anzahl der in der Geometrie befindlichen Transmitter an. Zum Editieren der Berechnungsparameter können Sie mit der rechten Maustaste auf die Zeile null klicken oder "**Berechnungsparameter**" im Menü **Berechnung** anwählen.

Zum Erzeugen neuer Transmitter gehen Sie wie folgt vor:

a) Sie führen den Menü Befehl **Geometrie | Neues Objekt** (oder Taste Einfg) aus, wobei Sie die Anzahl der Transmitter angeben. Das **Geometriefenster** zeigt jetzt mit null Position initialisierte Leerzeilen. In jede dieser Leerzeilen können ab sofort die korrekten Parameter eingegeben werden. Zum Eingeben der Parameter wird die zu editierende Zeile mit Klick der rechten Maustaste oder über den Menüpunkt "**Objekte Editieren...**" im Menü **Geometrie** angewählt. Das sich darauf öffnende Dialogfenster ermöglicht die explizite Eingabe der Parameter. Nicht benötigte Leerzeilen sind vor einer Berechnung zu löschen.

oder

b) Sie führen den Menü Befehl **Objekte | Transmitter** aus (oder klicken auf den zugeordneten Toolbar Button), wobei Sie einen neuen Transmitter erzeugen, dessen Parameter Sie im erscheinenden Dialog eingeben können.

**Hinweise zum Dialog:** Die Eingaben werden nur dann wirksam, wenn der Dialog mit dem OK-Button abgeschlossen wird. Der Maus-Klick mit der rechten Taste zum Editieren einer gesamten Zeile ist nur dann wirksam, wenn kein Bereich im Geometriefenster markiert (selektiert) ist.

Ist der Dialog abgeschlossen, wiederholen Sie die Prozedur für jeden neuen Transmitter.

### Konstruktion per Maus:

Im **Konstruktionsfenster** können Sie Transmitter auch per Maus konstruieren.

Dies erfolgt indem Sie in der Toolbar den  Schalter aktivieren. Nach der Eingabe der Parameter wie unter Punkt b) beschrieben, können Sie den Transmitter per Maus an die gewünschte Position ziehen.

Funktionen zur Bearbeitung markierter Transmitter finden Sie im lokalen Menü.

### 5.3 Leiter

In diesem Abschnitt wird der Geometriedatensatz und der Eingabevorgang von Leiterseilen beschrieben. Gerade Leiter, wie Stromschienen oder Kabel werden genauso wie Leiterseile behandelt, nur daß diese keinen Durchhang besitzen.

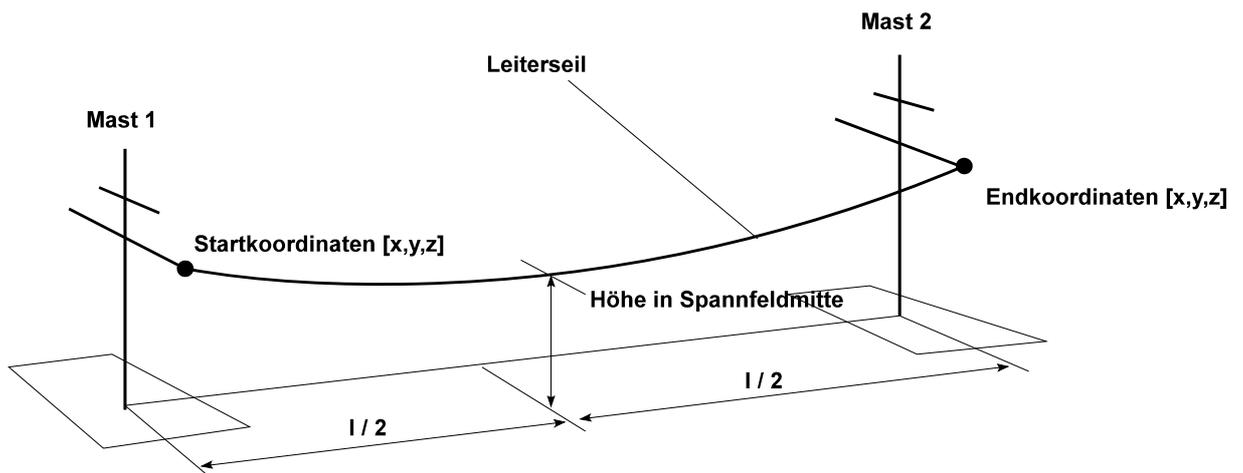


Abb. Geometrie des Leiterseils

Leiter werden durch folgende Parameter determiniert:

**Startpunkt X, Y, Z** - Startkoordinaten  
**Endpunkt X, Y, Z** - Endkoordinaten  
**Höhe** - Höhe in Spannfeldmitte

**Spannung** - Spannung  
**Strom** - Strom  
**Phase** - Phasenlage

**Radius** - Radius eines Leiters  
**Anz. der Teilleiter** - Anzahl der Teilleiter  
**Abstand der Teilleiter** - Abstand der Teilleiter

**Frequenz** - Frequenz

Im weiteren Verlauf werden die Parameter und deren Besonderheiten aufgeführt.

**Parameter zur Lagebeschreibung:**

<b>Startpunkt X, Y, Z [m]</b>	-	Startkoordinaten
<b>Endpunkt X, Y, Z [m]</b>	-	Endkoordinaten
<b>Höhe [m]</b>	-	Höhe in Spannfeldmitte

Die Startkoordinaten geben den Aufhängepunkt des Leiters am ersten Mast, die Endkoordinaten den Aufhängepunkt am zweiten Mast im Raum an. Der Durchhang der Leitung wird über die Höhe der Leitung in Spannfeldmitte definiert. Sehen Sie dazu die Abbildung Geometrie des Leiterseiles.

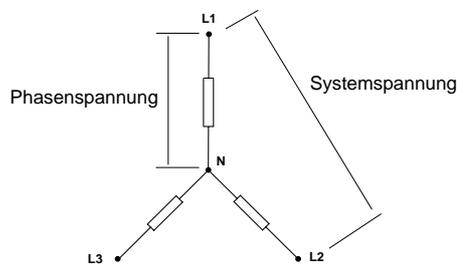


Abb. System- und Phasenspannung

**Elektrische Parameter:**

Je nach Einstellung der Option **Spannung** als **Phase** oder **System** im Dialog "**Technical**" oder im Dialog "**Freileitung ...**" Menü **Optionen** wird die Eingabe von

**Systemspannung [kV]**- Systemspannung

Spannung gemessen zwischen den Phasen oder

**Phasenspannung [kV]**- Phasenspannung,

Spannung der Phase zum Nulleiter, verlangt.  
Sehen Sie hierzu Abbildung System- und Phasenspannung.

**Strom [A]** - Strom

**Phase [°]** - Phasenlage

Stromstärke und Phase des Stromes, der im Leiter von den Startkoordinaten in Richtung der Endkoordinaten fließt. In **EFC-400** wird grundsätzlich die physikalische Stromrichtung verwendet.

Wird ein negativer Wert für den Strom eingegeben, so entspricht dies einem positiven Strom mit einer Phasendrehung von 180 Grad.

Werden Start- und Endkoordinaten des Leiters vertauscht, so kommt dies einer Umkehrung des Stromflusses gleich.

( siehe Abb. Stromfluß )

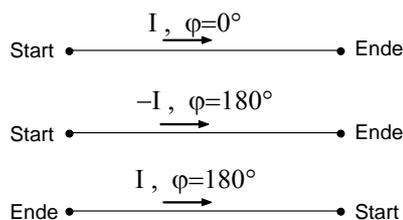


Abb. Stromfluß ( identische Fälle )

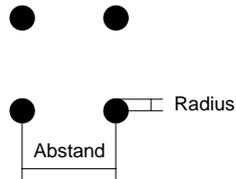
**Hinweis:** Bei einer Frequenz von 0 Hz (Gleichstrom) ist der Phasenwinkel nicht mehr definiert. Die Phase wird infolge dessen ignoriert!

**Leiterseil einfach:**

Anzahl der Teilleiter = 1

**Leiterseil als Bündelleiter:**

Anzahl der Teilleiter = 4



Anzahl der Teilleiter = 3

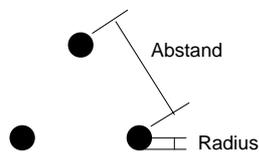


Abb. Bündelleiter

**Leiterparameter:****Teilleiter** - Anzahl der Teilleiter

Sollte es sich bei dem betrachteten Leiter um einen Bündelleiter handeln, berücksichtigt **EFC-400** diese Eigenschaft, indem die Anzahl der Teilleiter angegeben wird.

Die Anzahl der Teilleiter muß größer gleich 1 gesetzt werden.

**Radius [mm]** - Radius eines Leiters

**Radius** muß ein Wert  $> 0$  sein.

**Abstand [m]** - Abstand der Teilleiter

In der Abbildung Bündelleiter sind die Parameter **Abstand** und **Radius** illustriert.

**Frequenz [Hz]** - Frequenz

Der hier einzutragende Wert ordnet dem Strom auf dem Leiter explizit eine Frequenz zu. Die Frequenzeingabe wird bei der Berechnung nur dann berücksichtigt, wenn im Dialog "**Technical**" Menü **Optionen** die Option "**Frequenz=Free**" gesetzt ist. Andernfalls wird mit der Frequenz gerechnet, auf die **Frequenz** im Dialog **Technical** voreingestellt ist. "**Frequenz=Free**" erfordert eine hohe Rechenleistung und sollte nur dann gewählt werden, wenn Systeme mit unterschiedlichen Frequenzen berechnet werden müssen.

### Vorgang der Leitereingabe:

Die Leitereingabe wird im **Geometriefenster** durchgeführt. Zeile null zeigt die Berechnungsparameter und die Anzahl der in der Geometrie befindlichen Leiter an. Zum Editieren der Berechnungsparameter können Sie mit der rechten Maustaste auf die Zeile null klicken oder "**Berechnungsparameter**" im Menü **Berechnung** anwählen. Der aufgerufene Dialog fordert neben der Anzahl der Leiter weitere Eingaben, die zu diesem Zeitpunkt noch nicht relevant sind. Deshalb kann nach der Eingabe der Leiteranzahl der Eingabedialog mit dem **OK**-Button abgeschlossen werden.

Das **Geometriefenster** zeigt jetzt mit null initialisierte Leerzeilen. In jede dieser Leerzeilen können ab sofort die korrekten Leiterparameter eingegeben werden. Erst durch die Eingabe von Parametern wird ein Leiter erzeugt, der in die Berechnung einfließt.

Die Eingabe der Leiterkoordinaten ist beliebig, mit der einzigen Ausnahme, daß die eingegebenen Leiter sich nicht physikalisch durchdringen dürfen, da dies sonst zu Fehlern bei der Berechnung des elektrischen Feldes führt.

Nicht benötigte Leerzeilen sind vor einer Berechnung zu löschen. Für eine Berechnung muß die Anzahl der Teilleiter größer gleich eins gesetzt werden und der Radius einen Wert größer null enthalten, da andernfalls eine Fehlermeldung ausgegeben wird.

Zum Eingeben der Leiterparameter wird die zu editierende Zeile mit Klick der rechten Maustaste oder über den Menüpunkt "**Objekte editieren ...**" im Menü **Geometrie** direkt angewählt. Das sich darauf öffnende Dialogfenster ermöglicht die explizite Eingabe der Parameter.

**Hinweise zum Dialog:** Die Eingaben werden nur dann wirksam, wenn der Dialog mit dem OK-Button abgeschlossen wird. Der Maus-Klick mit der rechten Taste zum Editieren einer gesamten Zeile ist nur dann wirksam, wenn kein Bereich im Geometriefenster markiert (selektiert) ist.

Ist der Dialog abgeschlossen, wiederholen Sie die Prozedur für jeden neuen Leiter.

### Leiterkonstruktion per Maus:

Im **Konstruktionsfenster** können Sie Leiter auch vollständig per Maus konstruieren. Dies erfolgt mittels des **Polylinie** Befehls, der später erläutert wird. Funktionen zur Bearbeitung markierter Leiter finden Sie im lokalen Menü.

## 5.4 Erdseile

Das Programm **EFC-400** verfügt über eine automatische Berechnung der Erdseilströme. **EFC-400** unterstützt die Eingabe von mehreren Erdseilen. Durch das Anlegen mehrerer Erdseile können z.B. abgeschaltete Leitersysteme nachgebildet werden.

Für die Berechnung werden die Erdseile einer Anzahl von Leiterseilen zugeordnet. Eine Wechselwirkung wird nur zu denjenigen Leiterseilen in Betracht gezogen, die vom Anwender vorgegeben sind.

Wenn die Leiterseile editiert bzw. gelöscht werden oder sich deren Numerierung ändert, führt **EFC-400** eine automatische Anpassung durch. Die Erdseilströme werden entsprechend neu berechnet. Nur wenn ein Mast mit weiteren Leiterseilen belegt wird, ist es notwendig, die bestehenden Erdseile zu löschen und neu einzugeben!

Grundsätzlich werden Erdseile durch die gleichen Parameter charakterisiert wie Leiterseile. **Strom, Spannung** und **Phase** können jedoch nicht eingegeben werden, da diese von **EFC-400** automatisch berechnet werden.

Zusätzliche Parameter sind:

<b>Leiter</b>	- Referenz auf Leiterseile
<b>Erde</b>	- spezifischer Erdbodenwiderstand
<b>AI / St</b>	- Querschnittsverhältnis

Bei Erdseilen wird nicht der Radius eingegeben, sondern immer das Querschnittsverhältnis **AI/St**, aus dem **EFC-400** den Radius und den elektrischen Widerstand des Seiles berechnet.

Im Weiteren wird die Vorgehensweise bei der Eingabe von Erdseilen im **Leiter Editor** beschrieben. Die zur automatischen Berechnung notwendigen Parameter werden über einen Eingabedialog abgefragt.

Erdseile werden zunächst auf die gleiche Art wie Leiterseile erzeugt. Ist ein Leiterseil erzeugt, werden seine Parameter editiert und dabei zusätzlich die Option "**Erdseil**" aktiviert.

Angabe folgender Parameter:

**Leiter** - Referenz auf Leiterseile

Eingabekonvention: erstes Bezugsseil - letztes Bezugsseil

**Hinweise:** Es sind nur Verweise auf existierende Leiterseile möglich! Es ist darauf zu achten, daß kein Verweis auf Erdseile vorgenommen wird!

**Al / St** - Querschnittsverhältnis

Der Al/St Wert gibt das Querschnittsverhältnis von Aluminium zu Stahl des Erdseiles in [mm<sup>2</sup>] an.

**Erde [Ohm\*m]** - spezifischer Erdbodenwiderstand

Als Defaultwert sind 50 Ohm\*m voreingestellt.

**Startpunkt X, Y, Z** - Startkoordinaten  
**Endpunkt X, Y, Z** - Endkoordinaten  
**Höhe** - Höhe in Spannfeldmitte  
**Frequenz** - Frequenz

Der Defaultwert der Frequenzeingabe ist 50 Hz.

Die Eingabe der Start/Endkoordinaten und der Höhe in Spannfeldmitte erfolgt analog zur Eingabe der Leiterseile (siehe Abschnitt Leiterseile).

**Hinweise:** Die Berechnung von Induktionsströmen ist nicht unbedingt auf ein oder zwei Erdseile pro Mastfeld begrenzt. Sie können beliebige Erdseile, d.h. auch mehr als zwei erzeugen, und EFC-400 berechnet die entsprechenden Induktionsströme, wenn Sie die Option "Auto Erdseilströme" unter "Optionen | Erweiterte Einstellungen | Berechnung" aktivieren. Die Aktualisierung des Geometriefensters erfolgt in diesem Falle jedoch nicht mehr automatisch, da die Berechnungsroutinen etwas mehr Zeit benötigen. Wenn Sie trotzdem die Induktionsströme kontrollieren wollen, müssen Sie in diesem Falle die Funktion "Induktionsströme" aus dem Menü "Berechnung" aufrufen. Vor einer Berechnung der magnetischen Flußdichte erfolgt die Berechnung der Induktionsströme auf jeden Fall. Bei aktivierter Option "Auto Erdseilströme" erscheint keine "inkonsistentes Erdseil" Meldung, weil Referenzen der Erdseile auf Leiter überflüssig sind.

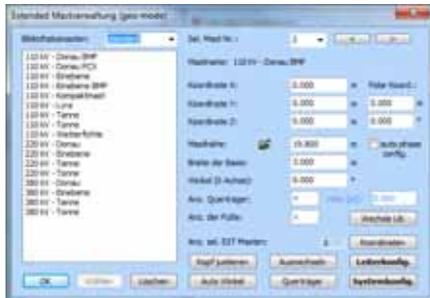


Abb. Mastverwaltung

## 5.5 Masten

Masten werden über die **Mastverwaltung** in die Geometrie aufgenommen.

Ein Mast wird charakterisiert durch: Grundfläche und Masthöhe, sowie Anzahl, Spannweite und Höhe der Querträger. Zur Berechnung eines Masten wird dieser intern von **EFC-400** aus Leiterseilen nachgebildet, die den oben beschriebenen Elementen entsprechen. (siehe Abb. Mastparameter)

Insgesamt können bis zu 100 Standard und 1000 Extended Masten in die Geometrie aufgenommen werden. Masten können zu jeder Zeit in beliebiger Reihenfolge gelöscht und modifiziert werden.

Es ist zu beachten, daß Masten des **Standard Geometrie Format** nicht mit Leiterseilen verknüpft sind. Das heißt, die Eingabe der Masten verändert nicht die Eigenschaften oder Parameter der Leiterseile. Insbesondere werden bei einer Änderung der Mastkoordinaten die zugehörigen Leiterseile nicht automatisch mitverschoben.

### Beschreibung der Mastparameter:

**Koordinaten X, Y, Z** - Koordinaten

Die Koordinaten geben die Position des Mastfußpunktes an.

**Masthöhe** - Masthöhe

Gibt die Strecke gemessen vom Fußpunkt bis zur Mastspitze an.

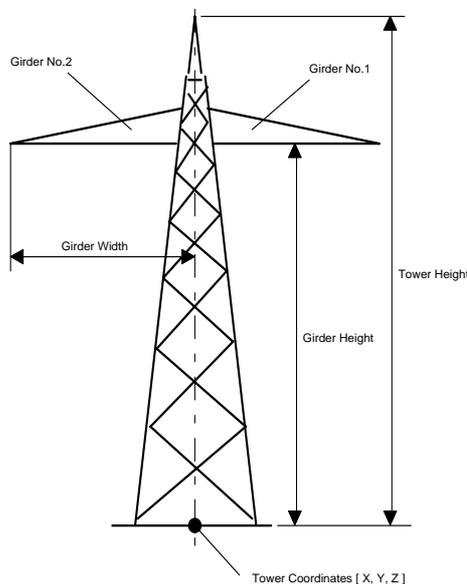


Abb. Mastparameter

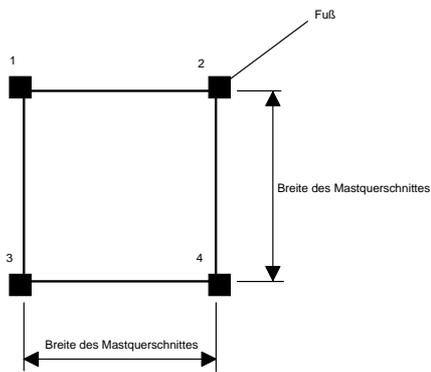


Abb. Mastquerschnitt

**Breite der Basis** - Breite der Grundfläche

**Winkel ( X-Achse )** - Winkel zwischen Mast und X-Achse

**Anz. Querträger** - Anzahl der Querträger

Links und rechtsseitige Querträger werden einzeln gezählt (Der Mast in der Abb. Mastparameter besitzt 2 Querträger). Die maximale Anzahl der Querträger ist auf 12 begrenzt.

Bei der Eingabe der Querträger wird eine Eingabebox geöffnet, in der die Höhe und Breite der Querträger spezifiziert werden. Die Breite wird in Bezug auf die Mastlängsachse angegeben. (siehe Abb. Mastparameter)

### Anzahl der Füße

Gibt die Anzahl der Füße des Masten an. Hier ist der Wert 4 voreingestellt. (Dieser kann derzeit nicht geändert werden.)

### Erzeugung von Masten

Masten werden erzeugt, indem ein Grundtyp aus der Mastbibliothek ausgewählt wird und seine Lageparameter eingegeben werden.

### Option: <auto phase config.>

Im Normalfall sollte die Option aktiviert sein. Dadurch werden die Phasenlagen auf der gesamten Trasse vereinheitlicht, und an die Phasenlage des ersten Masten angepasst. Dies erfolgt nach geometrischer Position der Leiter am Masten. Es wird immer der äußerste Leiter mit dem Äußersten am nächsten Masten verbunden, und der Oberste mit dem Obersten, sodass es nicht zu Überkreuzungen kommen kann. Ist die Option deaktiviert, werden keine Anpassungen an der Phasenlage vorgenommen und Vertauschungen bzw. Verdrehungen zwischen den Masten sind möglich.

## Prinzip der Masteingabe

Wechseln Sie mit dem Menüpunkt "**Mast**" im Menü **Objekt** in die **Mastverwaltung**. Die Liste der Bibliotheks-Masten zeigt den aktiven Mast farbig markiert. (Das Mastbild zeigt den aktiven Mast zunächst in grau, da dieser noch nicht selektiert ist.) Selektieren Sie jetzt mit der Maus einen Mast, indem Sie auf den Namen des Masten doppelklicken, oder den Mast mit der Maus anwählen und mit dem **Wählen**-Button selektieren. Im Mastparameterfeld werden Ihnen während des Selektiervorgangs ständig die Parameter der Masten angezeigt. Die Mast-Bitmap zeigt analog dazu das Mastbild.

Liste der Library-Masten	SwitchTower No.
	Parameter-Editor
OK Select Delete	Edit Grids

Abb. Bildbereiche der Mastverwaltung

Die Anzahl der selektierten Masten ist die **Sel. Mast Nr.** '. Der **Parameter-Editor** ist während des Selektiervorgangs deaktiviert. Sollen die Mastparameter eines selektierten Masten geändert werden, wird der gewünschte Mast über die Pfeil-Button "<" und ">" ausgewählt (Sel. Mast Nr.). Der **Parameter-Editor** schaltet dann automatisch in den Editiermodus. Das Mastbild zeigt jetzt nicht mehr Masten der Bibliothek, sondern den aktuell ausgewählten Mast der Geometrie (Farbe Blau).

Im Editor können ab sofort die einzelnen Mastparameter verändert werden. Um zwischen den Eingabeparametern zu wechseln, können die <Tab> Taste und die Maus verwendet werden.

Beim Verlassen der **Mastverwaltung** mit dem **OK**-Button werden die selektierten Masten in die Geometrie übernommen und gehen in die Berechnung ein. Sie werden in der **2D-Grafik** und in der **ISO-Linien**-Darstellung angezeigt, falls im Dialog **Standard Menü Optionen** die Einstellung "**Objekte = ON**" vorgenommen wurde.

Wenn Sie sich in der **Mastverwaltung** auf einem selektierten Mast befinden und einen neuen Mast anlegen möchten, betätigen Sie solange den Pfeil-Button ">", bis **Sel. Mast Nr.**' um den Wert 1 größer ist, als die Anzahl der bereits selektierten Masten. **EFC-400** wechselt dann automatisch den Modus, indem es das Anzeigefeld der Bibliotheks-Masten aktiviert und den **Parameter-Editor** deaktiviert. Wählen Sie jetzt wie bereits anfangs beschrieben einen neuen Mast aus der Liste. Sind alle Parameter eingegeben, kann die **Mastverwaltung** mit dem **OK**-Button verlassen werden.

**Hinweis:** Es sei daran erinnert, daß sich die in der Mast- und Bibliotheksverwaltung angezeigten schematischen Mastbilder immer auf den Fußpunkt des Masten beziehen. Dieser kann natürlich in der Geometrie auf einer Höhe (z-Position) von x Metern liegen, wodurch sich die Höhe des Masten nicht verändert.

## 5.6 Kabel

Kabel können im **Standard (Leiter Editor)** und im **Extended Format (Trassen Editor)** erzeugt werden. Die erste Möglichkeit ist für Kabel innerhalb von Anlagen, wie Netzstationen etc. vorgesehen, während die zweite bei der Verlegung von Kabeltrassen vorteilhaft ist.

Im **Trassen Editor** werden Kabel über die **Kabelverwaltung** in die Geometrie aufgenommen. Die Bedienung entspricht der der **Mastverwaltung**.

Grundsätzlich kann für Stützpunkte von Trassen (Hochspannungsfreileitung, Kabelgraben oder Bahntrasse) nur der Drehwinkel innerhalb der Ebene definiert werden. Für Kabeltrassen, die im Extended Format erzeugt wurden, kann der Winkel der Querschnitte immer automatisch ausgerichtet werden, ohne daß dies nach Änderung des Trassenverlaufs manuell erfolgen muß.

Der zweite Raumwinkel (Neigung gegen die Ebene) findet nur bei Kabeln Verwendung, die in z-Richtung verlegte Teilabschnitte aufweisen. Der Winkel kann nicht direkt eingegeben werden, sondern wird mittels der bekannten Funktion "**Auto Winkel**" gesetzt, vorausgesetzt im entsprechenden Dialog wurde die Option "**Erlaube Winkel zur xy-Ebene für Kabel**" aktiviert.

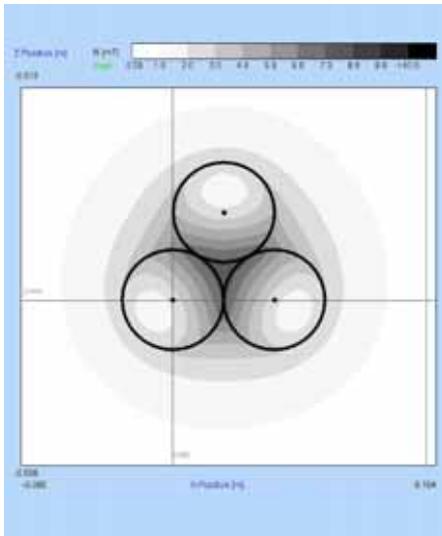


Abb. Kabel

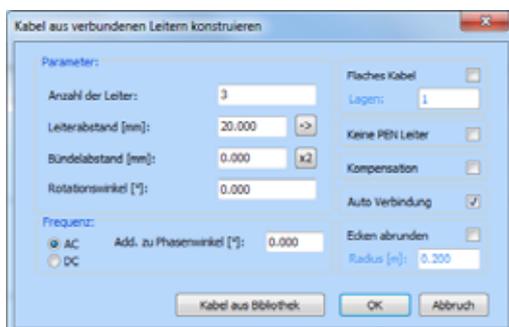


Abb. Kabel konstruieren



Abb. Kabel konstruieren Unterdialog

Zur Erzeugung von Kabeln im **Konstruktionsfenster** steht die Funktion "**Kabel konstruieren...**" zur Verfügung. Konstruieren Sie zuerst mit der Funktion "Polylinie" eine Folge von Leitern entlang der gewünschten Kabelstrecke. Markieren Sie die Leiter, und rufen Sie "**Kabel konstruieren...**" auf, um die Leiter in ein mehradriges Kabel zu konvertieren. Sie können dabei die Anzahl der Leiter, den Abstand zwischen den Leitern und den Winkel, um den das Kabel gedreht ist, angeben. Die Anordnung der Leiter erfolgt je nach Wahl als Flachkabel oder Rundkabel. (Bemerkung: Ein konzentrisches Kabel kann durch einen einzigen Leiter nachgebildet werden, welcher mit der Stromsumme beaufschlagt wird.)

Beachten Sie bitte einige Besonderheiten der Funktion "Kabel konstruieren...": beim ersten Teilleiter bleiben Strom und Phase erhalten. Nr. 2 und 3 besitzen jeweils um 120 Grad rotierte Phasen (Achtung: Bei zwei Leitern rotiert die Phase um 180 Grad). Für Nr. 4 und 5 werden Strom, Spannung und Phase auf Null gesetzt, sofern Sie nicht "keine PEN Leiter" aktiviert haben.

**Hinweis:** Zur Darstellung der Radien von Leitern ist es möglich, die Funktion "Leiterquerschnitt" im Modus "transparent" oder "gefüllt" zu aktivieren (Menü "Optionen | Erweiterte Einstellungen | Ansicht"). An den Endpunkten von Leitern werden Kreise mit dem Radius der Leiter gezeichnet. Dieses ist von Vorteil, wenn Sie ein Erdkabel im Schnitt betrachten. Wählen Sie "transparent", so erscheint nur der Umriss, so daß auch die Feldstärken im Inneren des Leitermaterials dargestellt werden.

## 5.7 Gebäude

**EFC-400** bildet Gebäude als geerdete Drahtgittermodelle nach und setzt die Feldstärke für alle Punkte im Inneren des Gebäudevolumens auf Null.

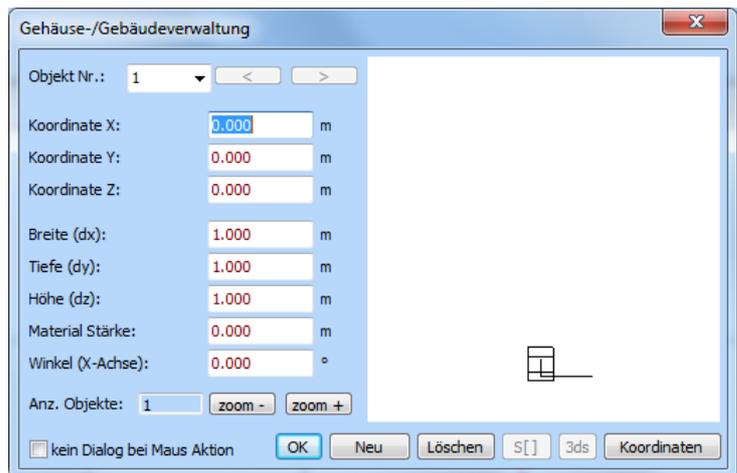


Abb. Gebäudeverwaltung

## 5.8 Gehäuse

**EFC-400** verfügt über das Objekt "Gehäuse", um Gehäuse von Anlagenbauteilen nachzubilden. Leiter, die innerhalb eines Gehäuses liegen, erzeugen innerhalb und außerhalb keine elektrische Feldstärke.

Der entsprechende Menüpunkt befindet sich unter "**3D-Objekte**". Gehäuse verhalten sich genauso wie Gebäude. Um bereits bestehende Gehäuse zu ändern, klicken Sie einfach mit der rechten Taste auf das Gehäuse, um die "**Gehäuseverwaltung**" zu öffnen.

Der Vorteil der Gehäuse liegt darin, daß für den Anwender die Begrenzung von Schaltschränken und anderen Bauteilen sichtbar wird. Bei großen Geometrien kann die Anzahl der Gehäuse jedoch schnell unübersichtlich werden. Wenn Sie deshalb auf den Einsatz der Gehäuse verzichten wollen, gibt es die Möglichkeit, "**Block Gehäuse ignorieren**" unter "**Erweiterte Einstellungen**" zu aktivieren. Die Folge ist, daß Gehäuse beim Einfügen von Blöcken nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus stehen viele Befehle auch für Gehäuse zur Verfügung: dies sind die Markierfunktionen "alle wählen/freigeben", und "Objekte per Cursor selektieren", sowie die Bearbeitungsfunktionen "verschieben", "kopieren", "editieren", "strecken", "drehen", "kopieren", "löschen", "variieren" und "array konstruieren". Insbesondere können Gehäuse mit anderen Geometrieelementen zu Blöcken zusammengefaßt werden, so daß auch der Anwender eigene Schaltschränke mit Gehäuse erzeugen kann.

**Hinweis:** Mit F7 können Sie die Anzeige von Gehäusen an/ausschalten.

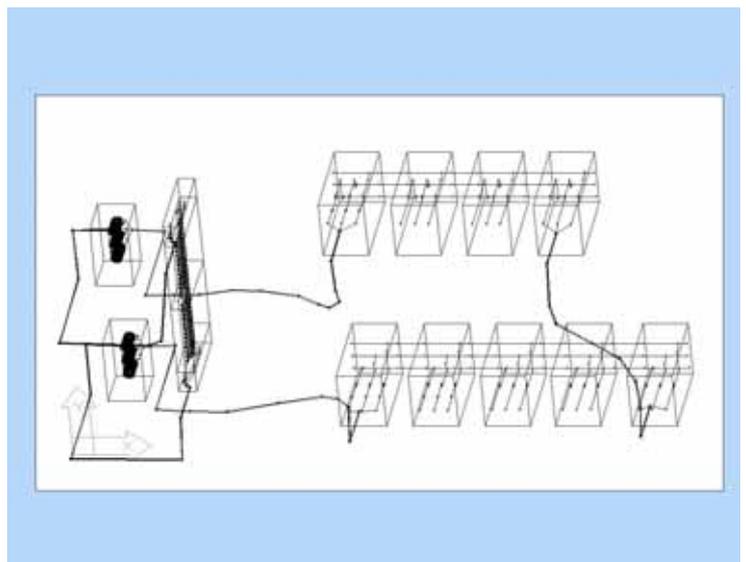


Abb. Geometrie mit Gehäusen

## 5.9 Blöcke

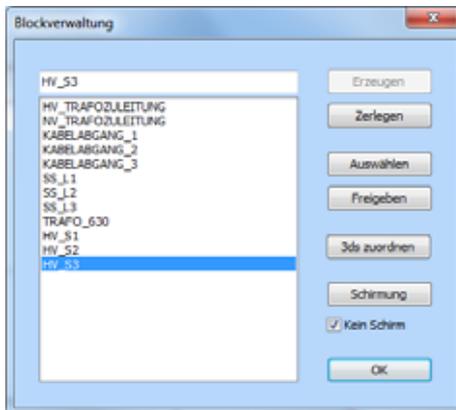


Abb. Blockverwaltung

Blöcke stellen eine Zusammenfassung von EFC-400 Geometrieelementen - Transmittern, Leitern, Gebäuden etc. - zu einer Einheit dar. Die Elemente Polylinie, Kreis, Gebäude etc. werden automatisch zu Blöcken fortlaufender Numerierung zusammengefaßt. Blöcke werden mit einem Namen bezeichnet und bleiben gegenüber dem Laden und Speichern von Geometrien invariant. Blöcke werden von der **Blockverwaltung** in einer Liste verwaltet, der folgende Befehle zur Verfügung stellt:

<b>Erzeugen</b>	- Block aus Objekten erzeugen
<b>Zerlegen</b>	- Blockdefinition aufheben
<b>Auswählen</b>	- Block markieren
<b>Freigeben</b>	- Block demarkieren
<b>3ds zuordnen</b>	- 3D Objekt verknüpfen
<b>Schirmung</b>	- Schirmfaktor festlegen

Für einen Block können Sie in der **Blockverwaltung** einen Schirmfaktor vorgeben, wenn Sie bei der Berechnung für bestimmte Anlagenbauteile oder Gebäude einen isotropen Schirmfaktor berücksichtigen wollen. Entsprechende Schirmfaktoren kann der Anwender durch Vergleichsmessungen ermitteln, bzw. aus der mitgelieferten Datenbank entnehmen. Es ist zu beachten, daß der Schirmfaktor isotrope Auswirkungen zur Folge hat, auch wenn dies in der Praxis nicht immer der Fall ist. Dennoch handelt es sich bei dem hier vorgestellten Lösungsansatz um eine akzeptable Näherung.

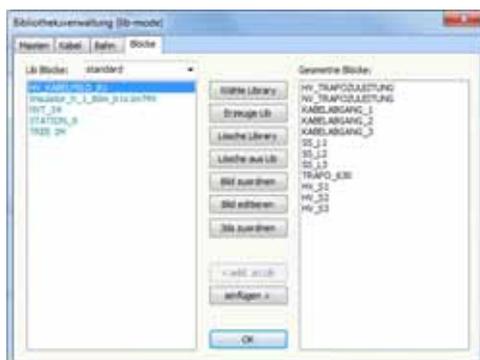


Abb. Blockbibliothek

Die **Blockbibliothek** ermöglicht einmal erzeugte Blöcke in Bibliotheken abzulegen und später direkt in die GEO Dateien zu übernehmen. Es sind folgende Befehle vorhanden:

<b>Wähle Library</b>	- Library auswählen und öffnen
<b>Erzeuge Lib</b>	- erzeugen einer neuen Library
<b>Lösche Library</b>	- Library zerstören
<b>Lösche aus Lib</b>	- entfernen von Blöcken
<b>Bild zuordnen</b>	- Bitmap verknüpfen
<b>Bild editieren</b>	- Bitmap bearbeiten
<b>3ds zuordnen</b>	- 3D Objekt verknüpfen
<b>Add. zu Lib einfügen</b>	- hinzufügen von Blöcken
	- Block in Geometrie übernehmen

**Hinweis:** Doppelklick auf einen Bibliotheksblock fügt diesen per Maus ein. Beim Einfügen können Sie die Orientierung mit den Pfeiltasten links und rechts in jeweils 90° Schritten verändern, noch während Sie den Block mit der Maus bewegen. Dieses Feature ist übrigens grundsätzlich auch beim Befehl Verschieben verfügbar (jedoch nicht bei Kopieren!). Zusätzlich ist es auch während des Einfügens per Maus möglich, den Orthogonalmodus (F8) zu aktivieren oder das Fangraster (F9) an- oder abzuschalten.

Achtung! Blöcke stellen unter EFC-400 nur eine Zusammenfassung (Gruppierung) von Elementen dar. Jedes Element kann dabei nur zu einem Block (Gruppe) gehören (Blöcke können keine Blöcke enthalten!). Falls man aus allen Elementen eines Blockes einen neuen Block erzeugt, wird der alte Block automatisch entfernt. Möchte man ausgehend von einer Geometrie mehrere Varianten als Block definieren, ist wie folgt vorzugehen:

- a) die Elemente des ersten Blocks werden markiert
- b) Block erzeugen
- c) Block in Bibliothek sichern
- d) erneut mit a) fortfahren,

denn falls der zweite Block auch Elemente des ersten enthält, wird dieser mit der Erzeugung des zweiten zerstört! Sollen die Blöcke später in einer Geometrie Verwendung finden, können diese wieder aus der Bibliothek geladen werden.

**Hinweis:** Die Zuordnung von Bibliotheks-Blöcken und Dateinamen ist in der Datei "Block.Tab" des jeweiligen Bibliotheksverzeichnisses vermerkt. "Block.Tab" dient nur zur Dokumentation und hat darüber hinaus keine weitere Bedeutung.

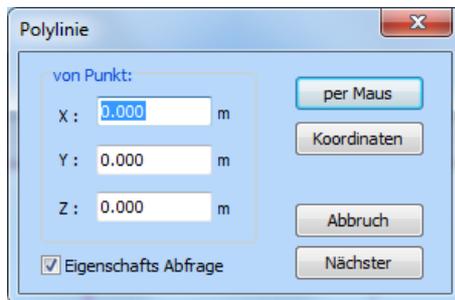


Abb. Polylinie



Abb. Kreis



Abb. Kreisbogen



Abb. Spule

## 5.10 Geometrieobjekte

**EFC-400** stellt Klassen von vordefinierten Blöcken zur Verfügung, mit deren Hilfe beliebig komplexe Objektanordnungen erzeugt werden können. Im Zusammenhang mit der Blockbildung ist eine Modularisierung von Transmitter- und Leiteranordnungen möglich.

**Polylinie** - ein Linienzug aus geraden Transmittern oder Leitern

**Kreis** - kreisförmige Anordnung um einen definierten Mittelpunkt

**Kreisbogen** - Kreisbogen

**Spule** - Spulenförmige Anordnung

**Metallplatte** - Nachbildung einer Metallplatte aus Stromschleifen

Durch die Koordinaten X, Y, Z werden die Objekte positioniert. Bereits selektierte Koordinaten werden automatisch übernommen.

Bei den Objekten **Kreis**, **Kreisbogen** und **Spule** ist zusätzlich die Anzahl der Segmente anzugeben, mit denen diese nachgebildet werden sollen. Die beiden Winkelangaben bestimmen die Lage der Objekte zur Ebene und die Drehung in der Ebene.

**Hinweis:** Sofern "limit. Windungen" aktiviert ist, wird bei Spulen die Anzahl der Windungen, die direkt nachgebildet werden auf 10 begrenzt. Wird eine größere Anzahl von Windungen angegeben, wird anstelle der Windungen der Strom entsprechend erhöht.

Die schirmende Wirkung von Metallplatten wird aufgrund des Wirbelstromeffektes berechnet. Sie können Metallplatten unterschiedlicher Stärke erzeugen, woraufhin ein Maschennetz aus Induktionsleitern, ähnlich wie mit der Funktion "Array konstruieren", generiert wird. Die erweiterte Induktionsstromberechnung (Erweiterte Einstellungen | Berechnung | Auto Induktionsströme) ermittelt automatisch die resultierende Stromverteilung innerhalb der Platte.

**Hinweis:** Das Verfahren ist auf 1x1 m Platten im Nahbereich abgestimmt. Bei größeren Platten oder Abständen muß die Stromverteilung nicht konvergieren! Beachten Sie auch die Verlustleistung, welche in "losses.log" geschrieben wird, falls das Fehlerprotokoll aktiviert ist. Zusätzlich zur numerischen Berechnung des Schirmfaktors besteht auch die Möglichkeit, in der Blockverwaltung den Schirmfaktor explizit anzugeben, oder diesen von EFC-400 analytisch berechnen zu lassen.

## 6. Daten laden

### 6.1 Geometrie

In diesem Abschnitt wird beschrieben wie Geometrien geladen werden.

Beim Laden einer **Geometriedatei** werden, falls vorhanden, **Berechnungsdaten** automatisch mitgeladen.

<b>Öffnen</b>	-	Laden einer Geometrie
<b>Schließen</b>	-	Schließen einer Geometrie

Zum Laden eines kompletten Datensatzes aus einer Geometriedatei wird der Menüpunkt **Öffnen** aus dem Menü **Datei** verwendet. Benutzen Sie zum Schließen die Funktion "**Schließen**" aus dem Menü **Datei**.

**Geometrie hinzufügen ...-** Hinzufügen von Geometrien

Um Geometriedaten an die bereits eingegebene Geometrie anzuhängen, steht der Befehl "**Geometrie einfügen...**" aus dem Menü Geometrie zur Verfügung. Mit diesem Befehl ist es möglich, bereits in anderen Dateien vordefinierte Objekte an die aktuelle Geometrie anzufügen.

## 6.2 Berechnungsdaten

Berechnungsdaten werden, falls vorhanden, beim Öffnen einer Geometriedatei automatisch mitgeladen. **EFC-400** erkennt selbständig, ob Berechnungsdaten zu einer Geometriedatei existieren. Sind Berechnungsdaten vorhanden werden die Daten ohne Neuberechnung angezeigt.

**Hinweis:** Berechnungsdatenfiles können vom Anwender nicht direkt, sondern nur mittels der Geometrie geladen werden.

Damit zu einer Geometrie Berechnungsdaten zur Verfügung stehen, ist es notwendig, daß der Anwender am Ende einer Berechnung die Berechnungsdaten speichert. Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dies aufgrund des möglicherweise hohen Speicherbedarfs auf der Festplatte, nicht automatisch geschieht. (Die Berechnung einzelner Objekte erfolgt derart schnell, daß ein Speichern der Berechnungsdaten häufig überflüssig ist.)

Die Berechnungsdaten können von **EFC-400** grundsätzlich nur bei Kenntnis der Geometrie wieder aufgebaut werden. Um die sichere Zuordnung von Berechnungsdaten und Geometriedaten zu gewährleisten, ist das Berechnungsdatenfile mit demselben Zeitstempel versehen wie das Geometriefile. Wird die Geometriedatei nach dem Abspeichern der Berechnungsergebnisse verändert, verlieren die zuvor abgespeicherten Rechenergebnisse ihre Gültigkeit und können nicht mehr geladen werden.

**Hinweis:** Wurde eine Geometriedatei versehentlich überschrieben, ohne daß an ihr Änderungen vorgenommen wurden, so kann die Gültigkeit der Berechnungsergebnisse mit einem speziellen Tool zur Datumsänderung **SETTIME** wiederhergestellt werden. Folgen Sie dem Dialog des Tools und setzen Sie das Datum des Berechnungsdatenfiles auf das des Geometriefiles. Nach diesem Vorgang werden die Berechnungsdaten mit der Geometrie wieder geladen. Neben dem Hilfsprogramm "**SetTime**" (Synchronisation zweier Dateien) wird mit **EFC-400** das Tools "**SetFTime**" ausgeliefert. "**SetFTime**" ermöglicht es alle Dateien in einem Verzeichnis - einschließlich aller Unterverzeichnisse - auf ein vorgegebenes Datum/Zeit zu setzen.

### 6.3 Bodenprofile

Mit Bodenprofilen lassen sich Geländeeigenschaften in die Berechnung mit einbeziehen.

XY	5	9	33	45	60
1	1	2	2	1	0
10	1	2	2	1	0
33	2	2	2	1	1
40	2	3	3	2	2
45	2	3	4	3	2
68	2	3	3	2	2
70	2	2	2	1	1
71	1	1	1	1	1
75	0	0	0	0	0

Abb. Bodenprofilformat

Bodenprofile werden in Form einer XY-Tabelle mit Höhenangaben beschrieben. Die Bereiche zwischen den Punkten der Tabelle werden dabei interpoliert. Die Abbildung Bodenprofilformat zeigt ein Beispiel.

Für flache Profile und Kabelgräben ist es nicht notwendig Tabellen manuell zu Erstellen, da hierfür die Befehle "**Flaches Profil konstruieren**" und "**Kabelgraben konstruieren**" bereitgestellt werden.

Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, wie das Bodenprofil mit den Geometriedaten verknüpft wird. Die Einstellung von "**Bodenkoordinaten**" im Register **Kataster** des Menüs **Optionen** bestimmt, ob die Koordinatenangaben der Objekte **Relative** oder **Absolute** zum Bodenprofil zu betrachten sind. Ist im **Kataster**-Dialog **Relative** eingestellt, wird die Höhenangabe der Objekte um den Bodenprofilwert inkrementiert. Bei der Angabe **Absolute** beziehen sich Bodenprofile und Geometriedaten auf denselben Nullpunkt.

**Hinweis:** Die Einstellung Relative ermöglicht den einfachen Vergleich einer Berechnung mit und ohne Geländetopographie. Achten Sie jedoch nach Möglichkeit darauf, daß das Bodenprofil unter Masten, Querträgern und in Mastfeldmitte eben ist, denn die Aufhängepunkte der Leiterseile und die Leiterseilhöhe in Mastfeldmitte geben den Abstand zum Bodenprofil an!

#### Laden:

Bodenprofile werden aus dem **Geometrie** Menü geladen. Durch Aufruf der Funktion "**Bodenprofil**" wird der **Datei Öffnen Dialog** aktiviert und die vorhandenen Bodenprofildateien mit der Extension "**PRO**" angezeigt. Mit dem **OK**-Button wird das selektierte Profil geladen und bei der Berechnung berücksichtigt. Wird ein neues Geometriefile geladen, wird ein eventuell zuvor geladenes Bodenprofil unwirksam. Ist die Option "**Auto Bodenprofil**" aktiviert werden gleichnamige Profile automatisch mit der Geometrie geladen.

#### Entfernen:

"**Bodenprofil entfernen**" entfernt ein geladenes Bodenprofil.

Je nach Einstellung von **Bodenprofil anzeigen** im Dialog **Kataster** Menü **Optionen** kann das Bodenprofil in der 2D- und 3D-Grafik als grau schraffierte Fläche angezeigt werden.

**Dateiformat:**

Die Bodenprofildaten sind im ASCII-Format abgespeichert. Zum Erstellen von Bodenprofilen kann ein beliebiger Texteditor oder z.B. MS-Excel™ verwendet werden. Sollten Sie das Bodenprofil mit MS-Excel™ erstellen, so exportieren Sie die Tabelle bitte als Textformat mit der Extension "**PRO**".

**Datenformat:**

Ein Bodenprofil besteht aus einer Matrix mit Entfernungs- und Höhenangaben in Metern. Die Entfernungsangaben können beliebig gewählt werden, wobei die Abstände nicht äquidistant sein müssen. Die Tabelleneinträge bezeichnen die Höhenangaben.

In dem Beispiel aus der Abb. Bodenprofilformat beträgt die Höhenangabe Z im Punkt P( X = 45 m / Y = 33 m ) 4 m.

Wird die Datei mit einem gewöhnlichen Editor erzeugt, gibt es zwei Möglichkeiten, Zellenabschlüsse zu kennzeichnen.

1. Der Wechsel zur nächsten Zelle (horizontal) wird durch **Tabulator** eingeleitet.  
(entspricht dem Excel™-Textformat)
2. Die Zellen sind durch Leerzeichen voneinander getrennt.

Zeilenabschlüsse werden generell mit **Enter** codiert.

In der ersten Zelle kann ein Kommentar stehen. Allerdings ist darauf zu achten, daß im Kommentar keine Leerzeichen oder Tabulatoren enthalten sind.

Beispiel:           richtig "X\Y[m]"  
                          falsch " X\Y [m] "

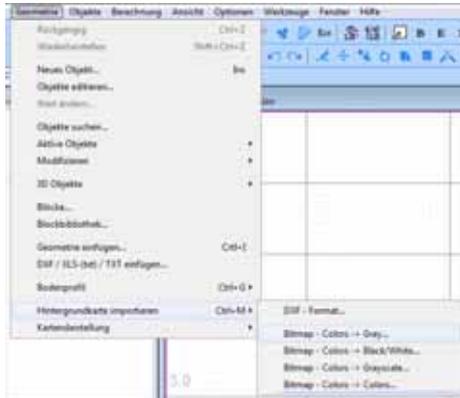


Abb. Hintergrundkarte

## 6.4 Import von Hintergrundkarten

Hintergrundkarten können explizit über den Menüpunkt **"Hintergrundkarte Importieren"** im Menü **Geometrie** geladen werden.

### Importformate

Es stehen folgende Importformate zur Auswahl:

1. **DXF** Drawing Exchange Format
2. **PCX** PC Paintbrush-Dateien
3. **JPG** JPEG Dateien
4. **BMP** Bitmap Dateien
5. **TIF** Taged Image Format

Bei den Bitmap Formaten ist es möglich, die Farbformate in Graustufen, 256 Farben oder Schwarz/Weiß Grafik zu reduzieren (siehe auch Kapitel **Farbeinstellungen**).

### Importvorgang

Beim ersten Einlesen von **Bitmap - Hintergrundkarten** ist die Lage und der Maßstab der einzulesenden Grafik zu spezifizieren. Dazu öffnet **EFC-400** automatisch eine Dialogbox, in der die X- und Y-Koordinate und die Längenausdehnung in X- und Y-Richtung angegeben wird. **EFC-400** erstellt auf der Basis dieser Daten eine Spezifikationsdatei mit der Extension **"REF"**, die der **Hintergrundkarte** zugeordnet wird. Beim späteren Laden der **Hintergrundkarte** werden die Spezifikation automatisch der **"REF"** Datei entnommen.



Abb. Spezifikations-Dialog

**Hinweis:** Hintergrundbilder können auch bei einem vertikalen Schnitt hinterlegt werden. Dies kann dazu dienen um z.B. Anlagenbauteile hinter den Berechnungsdaten abzubilden.

### Auto Hintergrundkarte

Falls im Menü **Geometrie** der Menüpunkt **"Auto Hintergrundkarte"** aktiviert ist, wird bei bereits definierter **Hintergrundkarte** ("REF" Datei vorhanden) die Hintergrundkarte automatisch zusammen mit dem Geometriedatenfile geladen. Liegen zu einer Geometrie Hintergrundkarten in unterschiedlichen Formaten vor, so gilt beim Laden der Hintergrundkarte folgende Prioritätenreihenfolge:

**"DXF"** vor **"PCX"** vor **"JPG"** ... .

### **Aktion <Move 2 Koord> <2 Koordinaten> <4 Koordinaten>**

Nach Selektion von Koordinaten per Maus ermöglicht dies Verschiebung, Einpassen oder Skalierung der Karte.

### **Hintergrundkarte im Vordergrund**

Ist der Menüeintrag "**im Vordergrund**" aktiviert, werden die Hintergrundkarten den Berechnungsdaten überlagert (andernfalls werden diese unterlegt).

### **Hintergrundkarte anzeigen**

Die Anzeige von Hintergrundkarten kann direkt über das Menü "**Geometrie**" Menüpunkt "**Kartendarstellung**" für die Ansichten

2D Plot  
Isolinien  
Konstruktion

aktiviert und deaktiviert werden.

**Hinweis:** Nach Auslieferung des Programms ist die Anzeige einer Hintergrundkarte in den Grafiken "**2D-Ansicht**", "**IsoLinien**" und "**Konstruktion**" voreingestellt.

### **Karte permanent halten**

Bei Aktivierung der Option bleibt die Karte auch nach Wechseln der Geometrie geladen.

### **Skaliere Berechnungsfeld auf Abmessung**

Beim Einlesen von Hintergrundkarten oder Grundrissen können Sie jetzt den Check-Hacken "**Skaliere Berechnungsfeld auf Abmessung**" aktivieren, damit das Berechnungsfeld automatisch an die Kartenbegrenzungen angepaßt wird. Die Anpassung erfolgt auch für DXF Dateien, wenn die Geometrie beim Laden leer ist.

### **DXF Skalierung**

Die Skalierung von DXF Dateien ist nicht fest vorgegeben. Unter "Erweiterte Optionen | Import" kann das Verhältnis von Zeicheneinheiten (drawing units) zu Metern eingestellt werden. Standard ist: 1 Zeicheneinheit = 1 m. Konstruktionszeichnungen von Netzstationen etc. im mm-Maßstab (=>1:0.001) können Sie hiermit direkt in EFC-400 benutzen, ohne vorherige Konvertierung. Bitte beachten Sie beim Import jeweils das gesetzte Skalierungsverhältnis, das Sie auch nachträglich noch ändern können.

## 6.5 Meßdaten

**EFC-400** bietet die Möglichkeit über den Menüpunkt **"Meßdaten"** Meßdaten einzulesen, die als Punkte dargestellt werden.

Meßdaten werden vollständig gleichwertig zur Berechnung behandelt und können ohne oder mit Geometrie und Berechnungsdaten dargestellt werden. Rufen Sie einfach "New" auf und laden Sie Ihre Meßdaten. Sie können das Darstellungsfeld, sowie die Ebene ändern und die Daten in eine Topographie einfügen. Mit den B- und E-Button wechseln Sie zwischen B- und E-Feld.

Die Interpolation von Meßdaten ist zusätzlich möglich. Aktivieren Sie hierzu vor dem Laden der Meßdaten die Option **"Interpoliere Daten"**.

Die Einbindung kann auf folgende Weisen geschehen:

### a) Manuelle Eingabe

Öffnet ein Dialogfenster in dem x, y, z Koordinaten von Meßpunkten und die zugehörigen Feldstärken B und E eingegeben werden. Diese können als Database (\*.XML) gesichert werden.

### b) Punkte importieren

Importiert fünf spaltige ASCII-Tabellen im Format (\*.MES):

**x y z B E**

Jede Zeile enthält einen Datenpunkt. Das Zahlenformat verlangt einen Punkt als Dezimaltrennzeichen. Die einzelnen Zahlen sind durch Leerzeichen oder Tabulatoren zu trennen. Die Zeilen sind mit <Return> abzuschließen.

### c) Fläche importieren

Importiert eine Tabelle im Format (\*.MES):

-	-	y-Achse	-	-
-	-	-	-	-
x-Achse	-	B oder E	-	-
-	-	-	-	-

Das Zahlenformat und die Trennzeichen entsprechen b), wobei das erste Feld (links oben) leer sein kann oder einen zusammenhängenden String enthalten darf, wie z.B. "x\y\_B\_uT". Die z-Koordinate wird auf Null gesetzt.

#### d) Datenbank importieren

Importiert Daten die unter a) gesichert wurden.

Voraussetzung für das Einlesen von Meßdaten, ist eine bereits geladene Geometrie. Wird die Berechnung durchgeführt, werden daraufhin ebenfalls die Meßdaten dargestellt. Laden einer neuen Geometrie setzt den Meßdatensatz zurück. Das Einlesen von Datensätzen ist additiv, bis zu einer Grenze von 10000 Datenpunkten.

Bei der Einstellung 'relative' variiert die Punktgröße mit der Fenstergröße des Grafikfensters. Ist "size mode=absolute" eingestellt, haben die Meßdatenpunkte die bei "point size" angegebene feste Größe.

#### Skalierungsfaktor:

Die Darstellung von Meßdaten erfolgt mit Hilfe eines Skalierungsfaktors, dessen Voreinstellung 100% beträgt. Durch Variieren des Faktors kann der Anwender unter Teillast gemessene Daten auf die maximale Auslastung der Anlage normieren. Es wird zur Vorsicht gemahnt, da hierdurch eine Datenmanipulation möglich ist! Bitte beachten Sie auch, daß die Skalierung gleichzeitig auf E- und B-Feld wirkt.

#### Meßdatentabelle:

Wenn zu einem Projekt mehrere Meßdatensätze existieren, unabhängig davon ob diese als Array oder in einer Datenbank gespeichert sind, ist es möglich eine Meßdatentabelle mit dem Projektnamen und der Extension \*.MDT (steht für Measurement Data Table) zu erzeugen. In jeder Zeile des MDT Files, stehen jeweils der Name des Meßdatensatzes, gefolgt von einem Leerzeichen und einem Einfügekpunkt (x-, y-, z-Koordinaten jeweils durch Leerzeichen getrennt), sowie einem Leerzeichen und dem Einfügewinkel. Beim Laden werden die Meßdaten ohne Rückfrage importiert.

**Hinweis:** Bei aktiver Option "Auto Daten" werden zugehörige Meßdaten automatisch mit der Geometrie geladen.

#### Meßdaten entfernen:

“Daten entfernen“ entfernt geladene Meßdaten.

## 6.6 Datenbankschnittstelle

EFC-400 enthält eine Datenbankschnittstelle, die mit einer XML Datenbank kommuniziert. Die Datenbank wird über den Menüeintrag "Datei/Datenbank ..." aufgerufen. Einmal geladene oder gespeicherte Files erscheinen auch in der FileHistory. Die Extension ist:

\*.XML XML - Format

**Die EFC-400 Datenbank bietet eine vollständige Alternative zum EFC-400 Geo-Format (Achtung!: nur für NF-Daten).** Die verwendeten Datenbanken erhalten alle Informationen über die Geometrie. Dem Anwender bietet sich damit die Möglichkeit, diese falls notwendig mit einem eigenen Datenbank-Programm zu bearbeiten. Die Gefahr einer Beschädigung ist so geringer, als wenn die Geo-Dateien mit einem Texteditor verändert werden. Von Nachteil ist jedoch:

1. Datenbank ist größer als Geo-Dateien (+100%)
2. Laden/Speichern der Datenbank ist langsam
3. Das Einfügen/Hinzufügen von Geometrie ist nur als Geo-Datei möglich

Punkt 3 ist nur formal von Interesse, da Sie Geo und Datenbank-Format jederzeit konvertieren können.

## 7. Editieren der Geometrie

### 7.1 Transmitter und Leiter

Zum Editieren von Transmittern und Leitern werden neben der Funktion **"Objekte editieren"** in erster Linie die Funktionen **"Löschen"**, **"Drehen"** und **"Editieren..."** des **Geometrie**-Menüs verwendet.

Voraussetzung für das Editieren ist das vorherige Markieren. Dies kann auf 2 Arten geschehen:

1. Das **Geometriefenster** stellt umfangreiche Markierungsmöglichkeiten zur Verfügung. Mit der Maus können durch Klicken der linken Taste **Zeilen**, **Spalten** und **Felder** sowohl selektiert, als auch deselektiert werden.
2. Direktes Klicken mit der linken Maustaste auf Objekte (oder Aufziehen eines Rahmens) im **Konstruktionsfenster** selektiert bzw. deselektiert.

**Hinweis:** Die Richtung bestimmt ob nur Objekte innerhalb des Rahmens (von links nach rechts) oder auch kreuzende Objekte (von rechts nach links) selektiert werden.

**Hinweis:** Die Bearbeitung per Maus kann auch in 3D erfolgen, wenn Sie den Ansichtspunkt drehen.

Para. No.	Number Ropes	Segments p.Ropes	Startpoint			Vector			Number Points	Y-Shift [m]	Z-Shift [m]	Number of Rows		
			X[m]	Y[m]	Z[m]	X[m]	Y[m]	Z[m]	[m]	[m]				
0	7	1	-50.00	-50.00	1.00	1.00	0.00	0.00	101	20.00	0.00	21		
No. Rope	Startcoordinates			Endcoordinates			Height [m]	Voltage [kV]	Current [A]	Phase [°]	Rope Radius [mm]	No. Substr.	Distanz [m]	Fragezeichen
	X[m]	Y[m]	Z[m]	X[m]	Y[m]	Z[m]	[m]	[kV]	[A]	[°]	[mm]		[m]	[Hz]
1	7.75	0.00	23.97	-7.75	320.00	23.97	11.97	380.00	1000.00	0.00	10.92	4	0.44	50
2	-14.25	0.00	23.97	-14.25	320.00	23.97	11.97	380.00	1000.00	120.00	10.92	4	0.44	50
3	-10.75	0.00	34.95	-10.75	320.00	34.95	22.95	380.00	1000.00	240.00	10.92	4	0.44	50
4	7.75	0.00	23.97	7.75	320.00	23.97	11.97	380.00	1000.00	0.00	10.92	4	0.44	50
5	14.25	0.00	23.97	14.25	320.00	23.97	11.97	380.00	1000.00	150.00	10.92	4	0.44	50
6	10.75	0.00	34.95	10.75	320.00	34.95	22.95	380.00	1000.00	300.00	10.92	4	0.44	50
7-0	0.00	0.00	50.20	0.00	320.00	50.20	38.20	0.00	52.00	68.00	7.99	1	0.00	50

Abb. Geometriefenster

#### Alles markieren:

Ein Doppelklick in das **Geometrie-** oder **Konstruktionsfenster** selektiert alle Objekte. Ein erneuter Doppelklick gibt alle Objekte wieder frei.

**Zeilen markieren:**

Klicken Sie mit dem Mauszeiger auf die Zeilennummer der zu markierenden Zeile. Wollen Sie mehrere zusammenhängende Zeilen markieren, halten Sie die linke Maustaste gedrückt, und ziehen den Mauszeiger über die gewünschte Anzahl von Zeilen.

**Spalten markieren:**

Klicken Sie mit der linken Maustaste auf die Spaltenbezeichnung (z.B. y [m]).

**Felder markieren:**

Klicken Sie mit der linken Maustaste direkt auf das zu markierende Feld.

Um mehrere Bereiche zu markieren wiederholen Sie den Markiervorgang beliebig oft.

Durch **Klick** der rechten Maustaste werden Editier-Dialoge aktiviert.

**Erweiterte Markierfunktion mit Maussteuerung:**

Wollen Sie im Geometrie-Fenster z.B. die Parameter von Objekten editieren, die nicht direkt untereinander aufgelistet sind, ist wie folgt vorzugehen:

Markieren Sie alle gewünschten Objekte durch Anwahl per linker Maustaste im **Konstruktionsfenster** oder durch Anwahl der Objekt Nr. (rot) mit der linken Maustaste. Markieren Sie im zweiten Schritt die Spalte der gewünschten Parameter durch Anwahl des Spaltentitels per linker Maustaste. EFC-400 markiert entsprechend eines Fadenkreuzes nur die Einzelfelder der zuvor selektierten Objekte.

**Verbundene Objekte markieren:**

Nutzen Sie "**Verbundene Objekte markieren**" indem Sie im **Konstruktionsfenster bei gedrückter Strg-Taste** auf ein Objekt klicken. Ist die Strg-Taste gedrückt, werden zusammenhängende Objekte als Ganzes markiert oder demarkiert.

**Blöcke markieren:**

Nutzen Sie "**Blöcke markieren**" indem Sie im **Konstruktionsfenster bei gedrückter Shift-Taste** auf ein Objekt klicken. Ist die Shift-Taste gedrückt, werden Blöcke als Ganzes markiert oder demarkiert.

**Editieren eines Objektes mit " Objekt editieren...":**

Nach Anwahl des Menüpunktes "**Objekt editieren...**" im Menü **Geometrie** öffnet sich eine **Abfragebox**, die nach der Nummer des zu editierenden Objektes fragt. Durch Angabe der Zeilennummer wird das zu ändernde Objekt ausgewählt. Mit <ENTER> oder dem **OK**-Button wird der Eingabe-Dialog gestartet (siehe Abb.: Eingabe Dialog Box). Der Dialog zeigt jeweils die aktuellen Parameter und deren Einheiten an. Mit der Maus kann ein beliebiges Eingabefeld angewählt und anschließend die Änderung des Zahlenwertes vorgenommen werden. Mit Betätigen des **OK**-Button wird der Eingabedialog abgeschlossen. Sollen die vorgenommenen Änderungen der Parameter nicht übernommen werden, kann der Dialog mit dem **Abbruch**-Button abgebrochen werden.

Wenn mehrere Objekte vor Aufruf der Funktion markiert wurden, sind die Datenfelder des Dialoges leer. Nach Eingabe von Werten, werden diese für alle markierten Objekte übernommen.

**Hinweis:** Zum Editieren eines bestimmten Objektes können Sie auch direkt mit der rechten Maustaste auf dieses klicken.

### Anwenden der Funktion "Werte ändern"

Zum Aufruf der Funktion "**Werte ändern**" muß zuvor mindestens ein Feld im Editor des **Geometriefensters** selektiert worden sein, auf den sich die Änderung beziehen soll.

**Hinweis:** Beim Selektieren der Parameter ist darauf zu achten, daß die Einheiten der Parameter identisch und kompatibel sind.

Ein Parameterfeld kann durch einen erneuten Mausklick wieder deselektiert werden.

Es wird eine Eingabebox geöffnet, die eine relative Angabe ("**Addieren**"), einen Absolutwert ("**Neu**") oder einen Multiplikationsfaktor ("**Multipliz.**") erwartet.



Abb. Werte ändern

## Anwenden der Funktion "Drehen, Kopieren und Verschieben etc."

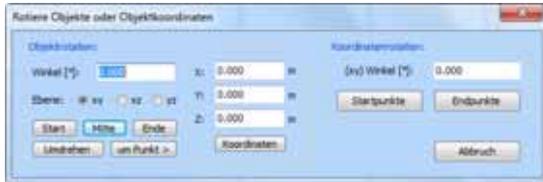


Abb. Drehen

Um diese Funktion zu verwenden, sind zuvor die zu bearbeitenden Objekte zu markieren.

Anschließend kann durch Klick mit der rechten Maustaste ein lokales Menü mit den einzelnen Funktionen (**Drehen**, **Löschen**, **Verschieben** und **Kopieren**) aufgerufen werden. Die gewünschte Funktion kann ebenfalls auch direkt aus dem Menü **Geometrie** aufgerufen werden.

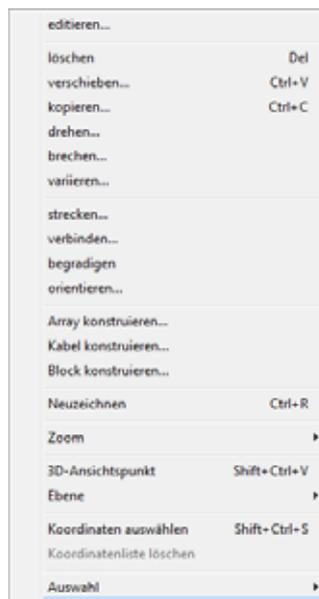


Abb. Lokales Menü

Die Funktion **Drehen** kann zur Rotation von Objekten eingesetzt werden:

Wird die Funktion zur Drehung von Objekten verwendet, dreht sich das markierte Objektfeld um einen vom Anwender definierten Punkt oder um den Schwerpunkt der Start-, End-, bzw. Mittelpunkte der Objekte. "**Umdrehen**" dreht Objekte um 180 Grad um sich selbst.

Die **Drehen** Funktion sollte möglichst nicht auf mehrere Objektfelder gleichzeitig angewendet werden, da sich der Drehpunkt dann aufgrund der Schwerpunktbildung aller Startpunkte der Objektfelder ergibt.

### Anwenden der Funktionen "Kopieren und Verschieben"

Die **Kopieren** Funktion kopiert die markierten Objekte.

Mit der **Verschieben** Funktion kann eine Gruppe von Objekten verschoben werden.

### Anwenden der Funktion "Strecken"

Auf einzelne Objekte wirkt Strecken wie Verschieben. Wenn markierte Objekte jedoch mit anderen (unselektierten) verbunden sind, werden diese unter Beibehaltung der Verbindungen gestreckt. Die Funktion ermöglicht schnelle Änderungen an bestehenden Anlagen, weil die Verbindungen beim Verschieben von Bauteilen erhalten bleiben.

### Anwenden der Funktion "Verbinden"

Die Funktion verbindet markierte Kabel, die mittels **Kabel Konstruieren** generiert wurden, automatisch mit markierten Anlagenbauteilen.

Hierzu ist es lediglich notwendig, die gesamte Geometrie zu markieren und die Funktion "Verbinden" auszuführen. Sollten innerhalb der Geometrie automatisch generierte Kabel, d.h. mit der Funktion "Kabel konstruieren" erzeugte Kabel, vorhanden sein, erscheint nicht die Abfragebox, ob Sie neue Leiter einfügen möchten oder die bereits bestehenden verbinden wollen, sondern "Verbinden" wird direkt ausgeführt und stellt nach Phasen geordnet die kürzesten Verbindungen zwischen den Endstücken der Kabel und den markierten Anlagenbauteilen her. Verbunden werden dabei grundsätzlich nur die Enden von Kabeln, die nicht bereits mit anderen Anlagenbauteilen verbunden sind. Die Funktion kann also gefahrlos mehrmals nacheinander ausgeführt werden, ohne daß hierbei die Geometrie zerstört wird. Wenn Sie nur ein Teilstück eines Kabels und einen Teil der Anlage markieren, werden die Verbindungen lediglich zwischen diesen hergestellt. In der Praxis bedeutet dies, daß Sie bei der Konstruktion von Anlagen, wie z.B. Netzstationen nach der Positionierung der Baugruppen und der Konstruktion der Kabel mittels der Funktion "Verbinden", in einem Arbeitsschritt die Verbindung innerhalb der gesamten Anlage herstellen können.

Sind keine Kabel vorhanden, verbindet die Funktion Leiter für Leiter, wobei Sie die Wahl zwischen der Verbindung von bereits bestehenden Leitern und der Erzeugung neuer Leiter, welche die Lücken füllen, haben.

### Anwenden der Funktion "Begradigen"

Markierte Objekte werden zu Geraden gestreckt, d.h. ein eventueller Durchhang wird entfernt. Sie können auch die Option **Automatisch Begradigen** aktivieren, die grundsätzlich nur gerade Objekte zulässt. Dies ist z.B. bei Netzstationen von Vorteil.

### Anwenden der Funktion "Brechen"

Die Funktion bricht Objekte in eine vorgegebene Anzahl von Teilstücken. Alternativ können Objekte an Kontaktstellen gebrochen werden.

**Hinweis:** Sie können eine gerade Verbindung z.B. brechen und die Teilstücke anschließend entlang eines komplexen Weges strecken.

### Anwenden der Funktion "Variieren"

Die Funktion ermöglicht es, Anlagenbauteile zu vergrößern oder zu verkleinern. Mit **Variieren** können Sie auch Spiegelungen an Achsen oder Punktspiegelungen durchführen.

### Anwenden der Funktion "Orientieren"

Mit der Funktion **Orientieren** haben Sie die Möglichkeit, automatisch die Richtung der Teilstücke auf zusammenhängenden Objektanordnungen zu korrigieren. Es besteht die Wahl, die Funktion auf markierte Objekte anzuwenden oder nur bestimmte Objekte zu markieren und alle hiermit verbundenen, auch nicht markierte, auf erstere auszurichten. Zusätzlich kann diese Funktion bei der Korrektur der Ströme entsprechend des Kirchhoff'schen Gesetzes automatisch ausgeführt werden.

### Anwenden der Funktion "Am Gitter anordnen"

Wenn Sie ein Raster eingerichtet haben, werden alle markierten Objekte am Raster orientiert.

### Anwenden der Funktion "Array konstruieren"

Die Funktion vervielfacht Geometrieelemente in mehreren Raumrichtungen und ist bei wiederkehrenden Formen nützlich.

**Anwenden der Funktion "Kabel konstruieren"**

Die Funktion erzeugt ein mehradriges Kabel aus einer Polylinie. Die Anzahl der Teilleiter ist beliebig, d.h. Sie können auch eine 8-fach Verbindung mit einem Befehl erzeugen.

**Anwenden der Funktion "Objekte suchen"**

Mit der Funktion ist es möglich, nach Objekten zu suchen, auf die ein Parameter oder eine Auswahl mehrerer Parameter zutreffen.

## 7.2 Masten

Masten werden mit Hilfe der **Mastverwaltung** bearbeitet. Beim Aufruf der Mastverwaltung ist die Liste der Bibliotheks-Masten aktiv und die Position von "**Ausgewählte Mast Nr.**" ist so eingestellt, daß sofort neue Masten selektiert werden können. Der **Parameter-Editor** ist während des Selektiervorgangs deaktiviert.

Wenn Sie einen bestimmten Mast aus der Liste der bereits existierenden Masten auswählen wollen, benutzen Sie entweder die Tasten <PgUp> und <PgDn> oder die Pfeil-Button "<" und ">".

<PgUp> und ">" - Vom momentan selektierten Mast zum Mast mit numerisch größerem Bezeichner wechseln.

<PgDn> und "<" - In die entgegengesetzte Richtung.

" **Ausgewählte Mast Nr.**" gibt dabei die Nummer des aktuell selektierten Masten an.

Der **Parameter-Editor** wird aktiv, wenn zu einem selektierten Mast gewechselt wird. Die **Mast Bitmap** zeigt jetzt nicht mehr Masten der Bibliothek, sondern den aktuell ausgewählten Mast der Geometrie (Farbe Blau).

Ist der gewünschte Mast angewählt, können Sie die Mastparameter direkt mit dem integrierten **Parameter-Editor** bearbeiten. Mit den Cursortasten kann zwischen den Eingabefeldern gewechselt werden. Bis auf den Parameter Anzahl der Füße können sämtliche Masteigenschaften geändert werden.

Mit der Funktion "**Löschen**" kann der aktuell selektierte Mast aus der Geometrie entfernt werden. Der Löschvorgang ist irreversibel.

Soll ein bereits in der Geometrie enthaltener Mast durch einen Masten anderen Typs ausgetauscht werden, so ist der Mast zu löschen und der neue Mast aus der Bibliothek zu übernehmen.

**Hinweis:** Im Kapitel **Mastbibliothek** wird beschrieben, wie Sie die Bibliothek um eigene Masten erweitern können. Diese dienen dann in der **Mastverwaltung** als Vorgabe-Masten, denen nur noch die entsprechenden Positionierungsparameter (XYZ, Winkel) zugewiesen werden müssen.

Liste der Library-Masten	SwitchTower No.
	Parameter-Editor
OK Select Delete	Edit Girder

Abb. Mastverwaltungsschema

## 8. Editieren im Trassen Editor

### 8.1 Trassen

#### Aufbau des Trassen Editors

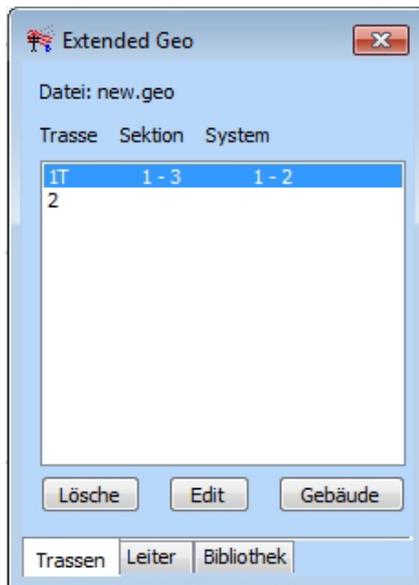


Abb. Trassen Editor

Im oberen Teil des **Trassen Editors** wird der Name des Geometriedatenfiles angezeigt. Das Listenfenster in der Mitte zeigt mit fortlaufender Numerierung die bereits in der Geometrie enthaltenen Objekte. Die höchste Trassennummer stellt immer eine "leere" Trasse dar, solange die erlaubte maximale Trassenanzahl noch nicht erreicht ist. Durch Doppelklick auf den letzten Listeneintrag wird die **Mastverwaltung** (bzw. **Kabel-** oder **Bahnverwaltung**) zur Erzeugung einer neuen Trasse aufgerufen, die dort mit Objekten belegt werden kann.

Grundsätzlich können Sie entscheiden, ob es sich um eine "Trasse" mit Drehstromsystemen handeln soll, oder um eine "Streckenführung" (Railway) mit unabhängigen Strömen der Leiter. Die Kennzeichnung erfolgt über die Buchstaben "T", "C" und "R" hinter der Trassennummer. Der Unterschied liegt darin, daß in letzterem Fall Ströme und Spannungen für jeden Leiter einzeln festzulegen sind. Dieser Sachverhalt ist noch einmal durch die Zusatzbezeichnungen "(symmetry)" und "(asymmetry)" verdeutlicht. In beiden Fällen können jedoch die gleichen Geometrieelemente eingesetzt werden. Wenn Sie ein unsymmetrisch belastetes Drehstromsystem simulieren wollen, wie z.B. ein 1-kV-Erdkabel, müssen Sie dieses sogar als Streckenführung deklarieren.

Dies erscheint auf den ersten Blick verwirrend. Der Anwender halte sich jedoch vor Augen, daß für **EFC-400** der einzige Unterschied zwischen den Betriebsarten "Transmission/Cable Line" und "Railway" im zusätzlichen Freiheitsgrad der Leiterströme und Spannungen besteht!

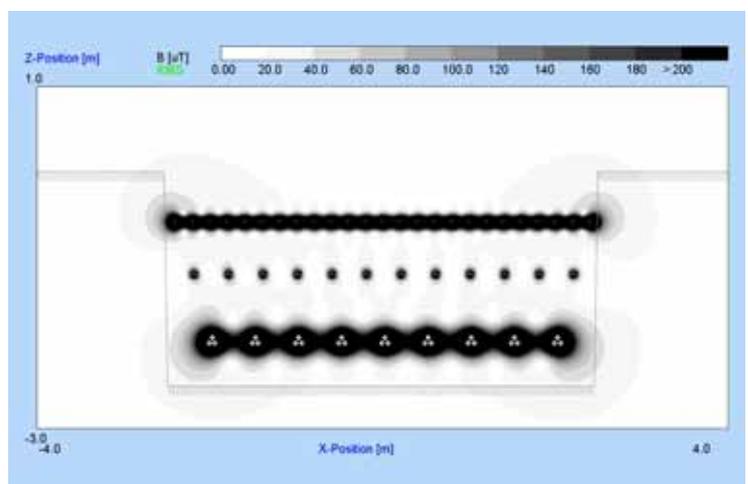
**Hinweis:** In den folgenden Ausführungen wird nicht weiter auf Streckenführungen eingegangen, sondern der allgemeine Begriff Trasse verwendet. Die Beschreibung ist jedoch sowohl für Trassen, als auch für Streckenführungen gültig.

**Hinweis:** Der Trassen Editor zeigt hinter der Nummer des Eintrages, die Buchstaben T (für Transmission Line), C (für Cable) und R (für Railway) an. Da EFC-400 systemorientiert arbeitet (d.h. auf Leitersysteme bezogen), kennt EFC-400 intern nur einen Objekttypen, der sich für den Benutzer als Mast, Kabel oder Bahn darstellen kann. In der Tat kann ein stromführendes System sowohl auf einer Freileitung verlaufen, wie auch in ein Kabel übergehen. Der Vorteil dieses Konzepts liegt darin, daß der Anwender auf einfache Art und Weise innerhalb ein und derselben Trasse einen Übergang zwischen Freileitung und Kabel erzeugen kann. Trotzdem erschien es für die meisten Nutzer von Vorteil, wenn EFC-400 zumindest nach außen hin Objekte wie Masten, Kabel und Streckenführungen von Bahnen trennt. Aus diesem Grunde befinden sich hinter den Einträgen des Trassen Editors die drei Kennzeichnungen T, C und R. Ebenfalls findet der Anwender in der Toolbar drei Button für die entsprechenden Objekte Mast, Kabel und Bahn. EFC-400 merkt sich dabei zu jedem Objekttyp eine Bibliothek, die bei der Anforderung des entsprechenden Objektes aufgerufen wird. Wenn Sie die Bibliotheksverwaltung aufrufen, haben Sie die Möglichkeit, mit den Schaltern Mastbibliothek, Kabelbibliothek und Bahnbibliothek zwischen diesen

Bibliotheken umzuschalten. Die Voreinstellung entspricht der Art des markierten Eintrages in der Trassenliste. Fortgeschrittene Anwender mögen jedoch beachten, daß die strikte Trennung nach Objekten künstlich aufgesetzt wurde und der Anwender auch jeder Zeit innerhalb der Mastbibliothek Kabeltypen laden und bearbeiten kann - der Anwender kann Objekte innerhalb der Bibliotheken wie bisher nach Typen (Mast, Kabel etc.) ordnen oder diese auch mischen und nach Projekten gruppieren.

### Schneller Modus für Kabel und Freileitungen

Zur schnellen Bearbeitung von Projekten, in denen der Anwender nur die Feldstärken an einem Mastfeld oder einem Kabel betrachten möchte, besteht jetzt die Möglichkeit, im Trassen-Editor nur diesen einen Masten bzw. nur diesen einen Kabelquerschnitt zu selektieren. Obwohl ein Mastfeld in der Regel mindestens durch zwei Masten aufgebaut wird, erzeugt EFC-400 beim Verlassen der Mastverwaltung mittels OK keine Fehlermeldung mehr ("mindestens 2 Masten für Trasse erforderlich"), sondern erzeugt automatisch ein Mastfeld der Länge 300 m, dessen Mittelpunkt auf der x-Achse liegt. Wenn Sie auf diese Art und Weise mehrere parallele Trassen simulieren wollen, können Sie vor dem Verlassen mittels OK auch jeweils andere x- oder auch z-Koordinaten auswählen. Zur Berechnung der Feldstärken auf einem Vertikalschnitt ist es nur noch notwendig, die xz-Ebene anzuwählen, die automatisch in Mastfeldmitte liegt.



### Sonderfunktionen im Trassen Editor

Nach der Erzeugung einer Trasse stehen im **Trassen Editor** weitere Funktionen zur Verfügung.

Mit dem **Lösche**-Button kann eine Trasse gelöscht werden. Entfernt wird dabei die jeweils markierte Trasse. Achtung: eine Bestätigung des Befehls findet nicht statt!



Abb. Editiere Trasse

Mit dem **Edit**-Button wird eine Dialogbox aufgerufen, die Editierfunktionen zur Verfügung stellt, mit denen eine Trasse verschoben oder gedreht werden kann. Zu spezifizieren sind dabei die Trassennummer und die Art der Manipulation. Möglich ist das Rotieren und Verschieben von Trassen.

Beim **Drehen** wird die Nummer des Masten, um den die Trasse rotiert werden soll, und der Winkel in Grad abfragt. Die Trasse kann um jeden, in der gleichen Trasse enthaltenen Masten gedreht werden.

Beim **Schieben** wird der Betrag der Verschiebung in den drei Raumrichtungen X, Y und Z in Metern angegeben.

## 8.2 Masten

Im **Trassen Editor** gibt es keine isolierten Masten oder Leiter. Die Geometrie wird erzeugt, indem Masten in der Berechnungsebene positioniert werden. Die Verknüpfung mit Seilen übernimmt **EFC-400** entsprechend Ihren Vorgaben.

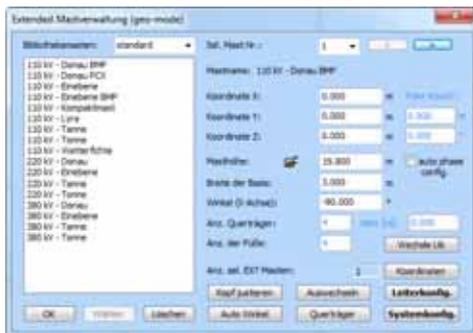


Abb. Mastverwaltung

Im **Trassen Editor** sehen Sie eine Listbox mit der Beschriftung "Trasse Sektion System". Der erste Listeneintrag symbolisiert die erste Trasse. Er enthält lediglich eine "1". Weiter rechts unter den Bezeichnungen "Sektion" und "System" sind keine Einträge vorhanden, da dies eine "leere" Trasse ist. Wenn Sie auf diesen Listeneintrag doppelklicken, wechseln Sie in die **Extended Mastverwaltung** und können zur 1. Trasse Masten selektieren. Die Trasse muß dabei mindestens zwei Masten enthalten. Wenn Sie nur einen Masten gewählt haben, bevor Sie zurück wechseln, erzeugt EFC-400 automatisch ein Mastfeld aus zwei Masten mit 300 m Länge.

**Hinweis:** Wenn Sie alle Masten einer Trasse löschen, wird die Trasse entfernt, und die nachfolgenden Trassennummern im **Trassen Editor** rücken um eine Position auf.

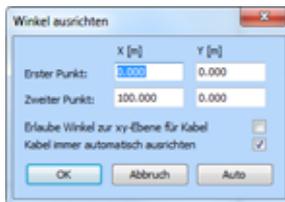


Abb. Winkel ausrichten

Der Aufbau der **Extended Mastverwaltung** und die Bedeutung der Parameter entsprechen weitgehend denen der **Standard Mastverwaltung**. Neu sind die Button:

**Systemkonfiguration** - öffnet das Systemkonfigurationsfenster

**Leiterkonfiguration** - öffnet das Leiterkonfigurationsfenster

**Winkel ausrichten** - öffnet den Eingabedialog

**Kopf justieren** - Aufhängepunkt des untersten Leiterseiles vorgeben

**Auswechseln** - öffnet einen Dialog, mit dem der Masttyp unter Beibehaltung der Trasse geändert werden kann

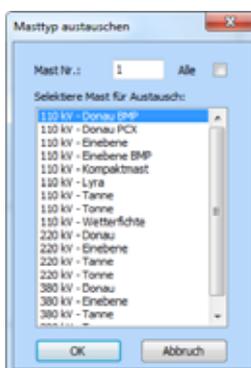


Abb. Masttyp austauschen

In Bezug auf die Mastparameter bestehen folgende Unterschiede zur **Standard Mastverwaltung**:

**Masthöhe** - Masthöhe

Wird dieser Parameter geändert, so verschieben sich sämtliche Querträger und Koordinaten der Leiterseilaufhängung des Masten um den gleichen Betrag. Der Abstand dieser Objekte zur Mastspitze bleibt erhalten, während sich der Abstand zur Basis verändert.

<b>Anz. Querträger</b>	-	Anzahl der Querträger
<b>Anz. der Füße</b>	-	Anzahl der Mastfüße

Diese Parameter können in der **Extended Mastverwaltung** nicht geändert werden. Um sie zu ändern, muß in der **Bibliotheksverwaltung** ein neuer Mast konfiguriert werden. Gleiches trifft zu, wenn Sie die Masthöhe unabhängig von den Koordinaten der Leiterseilaufhängung ändern wollen.

### Erzeugung von Trassen

Um einen Masten zu selektieren, wählen Sie zunächst den gewünschten Mast mit Mausclick oder mittels der Cursorsteuertasten <Up> und <Down> aus der Liste der "Bibliotheksverwaltung" aus. Betätigen Sie anschließend den **Wählen**-Button, um den Mast in die Trasse zu übernehmen. Durch Doppelclick auf den Masttypen in der Liste kann ebenfalls selektiert werden.

Dieser Vorgang kann jetzt solange wiederholt werden, bis alle Masten selektiert sind. Da aus den Koordinaten eines Masten noch keine Leiterseilgeometrie berechnet werden kann, müssen mindestens zwei Masten eingegeben werden.

Es folgt die Eingabe der Mastparameter. Verwenden Sie die Pfeil-Button "<" und ">" und die Tasten <PgUp> und <PgDn>, um zwischen den Masten der Trasse zu wechseln.

Bei bereits selektierten Masten ist das Parametereingabefeld aktiv und die Masten können positioniert werden. Die Parameter der Systeme werden dabei zusammen mit den Mastparametern des selektierten Bibliotheksmasten übernommen. Wenn mastspezifische Systemparameter wie z.B. der Aufhängepunkt eines Leiterseiles geändert werden sollen, wird mit den Tasten <PgUp> oder <PgDn> zwischen den selektierten Masten gewechselt, bis der entsprechende Mast angezeigt wird. Mit dem Button **"Leiterkonfig."** wird in das **Leiterkonfigurationsfenster** gewechselt, um die Aufhängepunkte der Leiterseile am aktuellen Mast - und nur an diesem - zu ändern.

Bei der Erzeugung einer Trasse aus einzelnen Masten sind folgende Besonderheiten zu beachten:

Die Systemkonfiguration wird immer durch den ersten, in einer Trasse selektierten Masten festgelegt. Dazu gehören, außer der Anzahl der Systeme und Erdseile, auch die

allgemeinen Systemparameter wie Spannung, Strom, Phasen etc.

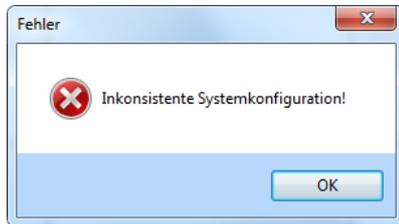


Abb. Fehler

In einer Trasse können nur Masten mit identischer Leiterseil- und Erdseilanzahl vorkommen. Andernfalls erscheint die Fehlermeldung "**Inkonsistente Systemkonfiguration**" - es wurde versucht, einen Masten mit falscher Konfiguration der Trasse hinzuzufügen. (Abb. Error)

**Hinweis:** Eine effektive Arbeitsmethode ist es, vor der Trasseneingabe alle vorkommenden Masttypen in der Bibliotheksverwaltung zu konfigurieren, so daß nur noch die Koordinaten X, Y und Z sowie eventuell die Masthöhe einzugeben sind.

### Einfügen von Masten

Masten können an beliebigen Positionen innerhalb einer Trasse eingefügt und gelöscht werden. Der neu selektierte Mast wird dabei immer an der aktuellen Position eingefügt. Die nachfolgenden Masten werden aufgerückt.

Ist in der **Mastverwaltung** die Trassenposition 1 ausgewählt und wird ein neuer Mast selektiert, so wird dieser am Anfang der Trasse eingefügt.

### Option: <auto phase config.>

Im Normalfall sollte die Option aktiviert sein. Dadurch werden die Phasenlagen auf der gesamten Trasse vereinheitlicht, und an die Phasenlage des ersten Masten angepasst. Dies erfolgt nach geometrischer Position der Leiter am Masten. Es wird immer der äußerste Leiter mit dem Äußersten am nächsten Masten verbunden, und der Oberste mit dem Obersten, sodass es nicht zu Überkreuzungen kommen kann. Ist die Option deaktiviert, werden keine Anpassungen an der Phasenlage vorgenommen und Vertauschungen bzw. Verdrehungen zwischen den Masten sind möglich.

### Kopf justieren

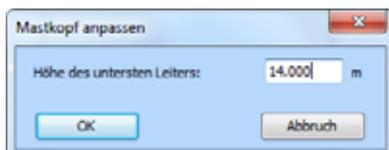


Abb. Dialog "Mastkopf anpassen"

Bei Aufruf der Funktion erscheint eine Dialogbox, die den Aufhängepunkt des untersten Leiterseiles anzeigt. Durch ändern des Eintrages verschiebt sich der gesamte Mastkopf, wobei das unterste Leiterseil nach der Bestätigung des Dialoges den neu eingegebenen Bodenabstand annimmt.

### Masttyp austauschen

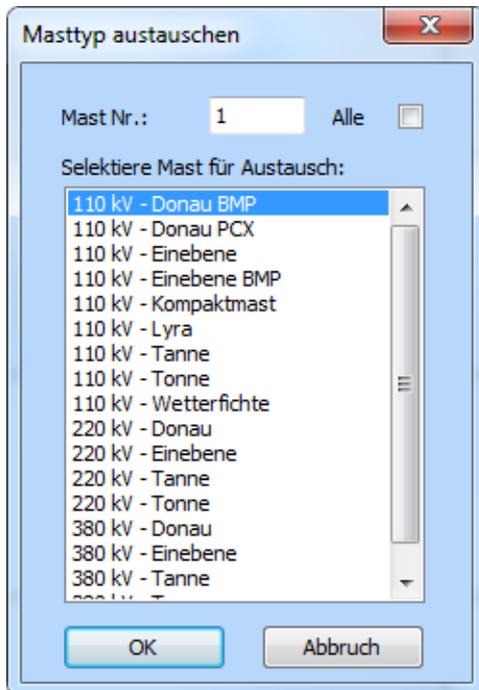


Abb. Dialog "Masttyp austauschen"

Die Funktion wird über den Button **Auswechseln** in der Mastverwaltung aufgerufen und ermöglicht den Austausch eines einzelnen Masten, oder aller Masten einer Trasse. Die neuen Masten werden so eingefügt, daß die Aufhängepunkte und die Erdbodenabstände des untersten Leiterseils erhalten bleiben. Die übrigen Aufhängepunkte verändern sich entsprechend dem neuen Mastbild. Die Seilbelegung und die elektrischen Parameter werden konstant gehalten, damit der Einfluß zweier verschiedener Mastbilder auf die Bodenfeldstärken direkt verglichen werden kann.

**Hinweis:** Soll zusätzlich die Phasenbelegung getauscht werden, so ist es nur notwendig diese im Systemkonfigurationsfenster für einen Masten zu ändern, da diese automatisch für die gesamte Trasse übernommen wird.

### 8.3 Kabel

Kabel können im **Standard** und im **Extended Format (Trassen Editor)** erzeugt werden. Die erste Möglichkeit ist für Kabel innerhalb von Anlagen, wie Netzstationen etc. vorgesehen, während die zweite bei der Verlegung von Kabeltrassen vorteilhaft ist.

Im **Trassen Editor** werden Kabel über die Kabelverwaltung in die Geometrie aufgenommen. Die Bedienung entspricht der der Mastverwaltung.

Grundsätzlich kann für Stützpunkte von Trassen (Hochspannungsfreileitung, Kabelgraben oder Bahntrasse) nur der Drehwinkel innerhalb der Ebene definiert werden. Für Kabeltrassen, die im Extended-Format erzeugt wurden, kann der Winkel der Querschnitte immer automatisch ausgerichtet werden, ohne daß dies nach Änderung des Trassenverlaufs manuell erfolgen muß.

Der zweite Raumwinkel (Neigung gegen die Ebene) findet nur bei Kabeln Verwendung, die in z-Richtung verlegte Teilabschnitte aufweisen. Der Winkel kann nicht direkt eingegeben werden, sondern wird mittels der bekannten Funktion "**Auto Winkel**" gesetzt, vorausgesetzt im entsprechenden Dialog wurde die Option "**Erlaube Winkel to xy-Ebene für Kabel**" aktiviert.

## 8.4 Systemkonfiguration

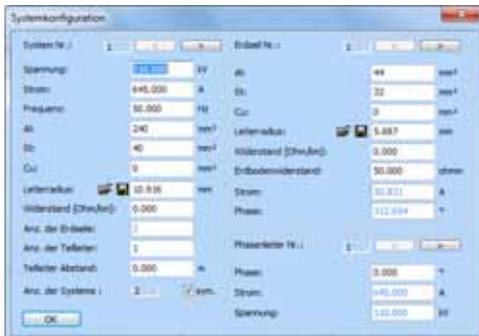


Abb. Systemkonfiguration

Das **Systemkonfigurationsfenster** gliedert sich in drei verschiedene Bereiche. Auf der linken Seite befindet sich der Bereich **System**, oben auf der rechten Seite der Bereich **Erdseil** und unten der Bereich **Phasenleiter**.

### Steuerung

Mit der Maus oder mit der <TAB>-Taste wechseln Sie zwischen Eingabefeldern.

Die Pfeil-Button "<" und ">" und die Tasten <PgUp> und <PgDn> wechseln zwischen verschiedenen Systemen bzw. Erdseilen, falls mehr als eines dieser Objekte vorhanden ist.

### Wirkungsbereich der Parameter

Alle Parameter im Bereich **System** sind mastunabhängige Parameter und beziehen sich auf die gesamte Trasse. Dies ist sinnvoll, da sich ein Leiterseil einschließlich Strom, Spannung und Phasenlage nicht von Mastfeld zu Mastfeld ändert.

Bei aktivierter Option <sym.> haben alle 3 Leiter des Systems gleiche Spannung und Strom, andernfalls können die Werte für jeden Leiter verschieden sein.

### Parameter editieren

Die Bedeutung der einzelnen Parameter ist in den Kapiteln **Dateneingabe** im **EFC-400** Benutzerhandbuch beschrieben.

Grundsätzlich können die Leiterseilparameter der Bibliotheksmasten unverändert übernommen werden. Bei einem vollständig konfigurierten Bibliotheksmasten ist es nicht notwendig, die Mastkonfiguration nachträglich zu ändern, um korrekte Ergebnisse zu erhalten.

In der Praxis kommt es jedoch häufig vor, daß sich identische Masttypen in einer Trasse nur hinsichtlich der Höhe (einschließlich Querträger mit daran befindlichen Leiterseilen) über dem Boden unterscheiden. Für diesen Fall wurde die Eingabe der Masthöhe in der Mastverwaltung angepaßt (s. vorhergehendes Kapitel), so daß eine Änderung der Masthöhe den gesamten Mastkopf verschiebt.

Einzelne Seile werden verschoben, indem das gewünschte Seil mit <PgUp> oder <PgDn> oder den "<", ">"-Button zur Anzeige gebracht wird. Nach Anwahl des entsprechenden Parameters mit der Maus kann der neue Wert eingegeben werden.

## 8.5 Leiterkonfiguration

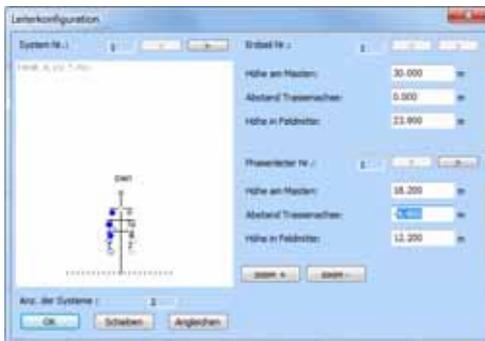


Abb. Leiterkonfiguration

In der Leiterkonfiguration werden mastabhängige Trassenparameter eingetragen.

### Wirkungsbereich der Parameter

Die Aufhängepunkte und die Erdbodenabstände der Seile können jedoch von Mast zu Mast variieren, so daß sich diese nur auf den aktuellen Mast (bzw. das Mastfeld) beziehen. Alle Koordinatenangaben sind relativ zur Mastachse.

Um eine Anpassung der Durchhänge zu erleichtern, wurde im **Leiterkonfigurationsfenster** die Funktion **Schieben** implementiert. Mit dieser kann der Erdbodenabstand mehrerer Seile im aktuellen Mastfeld eingestellt werden. Nach dem Aufruf der Funktion mit dem **Schieben**-Button erscheint eine Dialogbox, in der die Verschiebung in Metern einzugeben ist. Mit 3 Optionen wird der Wirkungsbereich der Funktion bestimmt.



Abb. Schieben Dialog

**Alle** - alle Seile schieben

**System** - ein System schieben

**Leiter** - ein Seil schieben

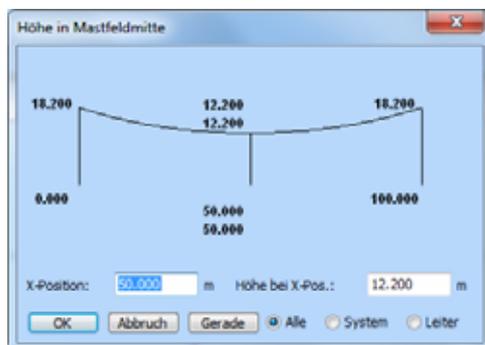


Abb. Angleichen Dialog

Falls der Erdbodenabstand nicht in Mastfeldmitte, sondern an einer anderen Position bekannt ist, kann eine Berechnung mit der Funktion "**Angleichen**" erfolgen. Hierbei wird die Seilhöhe in einem frei wählbaren Abstand (X-Position) vom ersten Mast eingegeben.

### Aktionsschalter "Gerade"

Die Funktion "**Angleichen**" verfügt über den zusätzlichen Aktionsschalter "Gerade", der den Durchhang von Leiter- und Erdseilen auf Null setzt.

## 8.6 Beziehung zum Leiter Editor

Eine Geometrie kann grundsätzlich sowohl **Standard** als auch **Extended** Elemente enthalten. Die Bearbeitung erfolgt getrennt im **Leiter** oder **Trassen Editor**.

Falls eine Geometrie eine Kombination beider Formate enthält, wird in den entsprechenden Fenstern jeweils eine Warnmeldung ausgegeben, um den Anwender auf das Vorhandensein artfremder Elemente hinzuweisen.

Im **Trassen Editor** besteht keine Gefahr, eventuell Standard-Elemente zu verändern, da der Zugriff verweigert wird. Die Leiter und Erdseile von Extended-Elementen werden jedoch auch im **Leiter Editor** angezeigt. Zur Unterscheidung sind diese grau dargestellt und mit der Kennzeichnung "X" versehen. Eine Manipulation dieser Leiter kann unerwünschte Effekte hervorrufen. Werden die Leiter z.B. verschoben, so befinden sich diese unter Umständen nicht mehr an der richtigen Mastposition, obwohl sie noch mit den zugehörigen Masten verknüpft sind. Ein solcher Fehler kann nicht mehr im **Trassen Editor** behoben werden.

In bestimmten Situationen kann eine derartige Manipulation jedoch erwünscht sein. Komplexe Anwendungen können unter Umständen nicht mehr ausschließlich im **Extended Format** gelöst werden.

Das **Extended Format** bietet zwar hinsichtlich der komfortablen Erzeugung ganzer Streckenabschnitte erhebliche Vorteile, die Freiheitsgrade im **Standard Format** sind jedoch wesentlich größer. So kann es von Vorteil sein, die grundlegenden Elemente einer Geometrie im **Extended Format** zu erzeugen und anschließend in das **Standard Format** zu reduzieren. Diese Funktion wird von **EFC-400** immer dann angeboten, wenn bei vorhandenen Extended-Elementen der **Leiter Editor** aufgerufen wird. Der Prozeß ist allerdings nicht umkehrbar.

Ein derartiger Fall kann z.B. dann auftreten, wenn ein einzelner Leiter aus einem 3-Phasendrehstromsystem entfernt werden soll.

## 9. Berechnung

### 9.1 Allgemeine Berechnungsparameter

In diesem Kapitel wird die Eingabe und die Funktion der Berechnungsparameter erläutert.

Die allgemeinen Parameter zur Steuerung einer Berechnung werden in Zeile Null im **Geometriefenster** angezeigt und legen die Segmentierung und das Berechnungsfeld fest. Zum Editieren der Parameter wählen Sie den Menüpunkt "**Berechnungsparameter**" im Menü **Berechnung** (oder klicken mit der rechten Maustaste auf die Zeile Null). Die allgemeinen Berechnungsparameter sind:

**Segmente pro Objekt** - Segmente pro Objekt

Mit **Segmente pro Objekt** wird die Anzahl der Segmente je Objekt festgelegt.

**HF-Modus:** Bei Eingabe **Segmente pro Objekt=1** lösen sich die Kugelfunktionen der Abstrahlcharakteristik vom Mittelpunkt der Transmitter. Eine höhere Segmentierung hat zur Folge, daß Transmitter in Teilstrahler segmentiert werden die zum Gesamtfeld superpositionieren, wodurch die Nachbildung im Nahfeld verbessert wird.

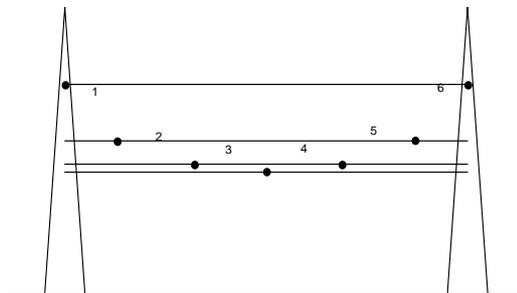


Abb. Leitung Segmente = 1

**NF-Modus:** Einen Sonderfall stellt die Eingabe **Segmente pro Objekt=1** dar. Dies würde einem geraden Leiter entsprechen. Das Programm nimmt statt dessen eine Höhenanpassung eines Leitersegmentes auf den relevanten Durchhang in den Aufpunkten vor.

Das Verfahren entspricht der "Methode der unendlich langen geraden Leiter", mit dem Unterschied, daß **EFC-400** Leiter in Länge der Spannweite verwendet. Die Feldkomponente in Leitungsrichtung ist dadurch per Definition Null. Die Genauigkeit der Berechnung ist jedoch insgesamt größer als für Fälle von nur 2,3,4... Segmenten. Die gleiche Segmentierung wird im Normalfall auch auf Masten angewendet.

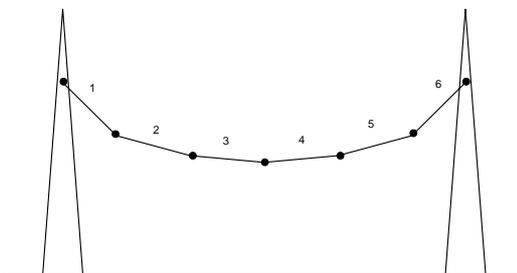


Abb. Leitung Segmente = 6

**Berechnungsfeld** - Anzahl zu berechnender Punkte

Das Berechnungsfeld wird auf zwei verschiedene Arten vorgegeben:

- 1) durch einen ortsgebundenen Richtungsvektor + Versatz
- 2) durch zwei Eckpunkte eines Rechteckes + Zellgröße

Der Modus wird durch die Einstellung **Emissionsraster = An** oder **Aus** im **Kataster**-Dialog des Menüs **Optionen** gewählt (**An** entspricht Fall 2), oder mittels des Schalters **Modus** des **Berechnungsparameter Dialogs** gewechselt, in welchem zusätzlich die **History** des Berechnungsfeldes zur Verfügung steht.

## 1. Emissionsraster Aus

Es erfolgt die Eingabe von Start- und Endpunkt eines ortsgebundenen Vektors:

**Startpunkt** - Startpunkt des Vektors  
**Richtungsvektor** - Richtungsvektor

Die Lage des Vektors im Raum ist beliebig (in der Praxis wird dieser meistens nur eine X-Komponente aufweisen). Durch die zusätzliche Angabe eines Versatzes in

**Y-Shift** - Versatz in Y-Richtung  
**Z-Shift** - Versatz in Z-Richtung

entweder Y- oder Z-Richtung wird die Einheitszelle definiert. Die Vervielfachung dieser Zelle in Vektorrichtung wird angegeben als:

**Anzahl der Punkte** - Anzahl Zellen in Vektorrichtung + 1

Die Anzahl der Reihen in Y- oder Z-Richtung wird gesetzt durch:

**Anzahl der Reihen** - Anzahl Reihen in Y/Z-Richtung + 1

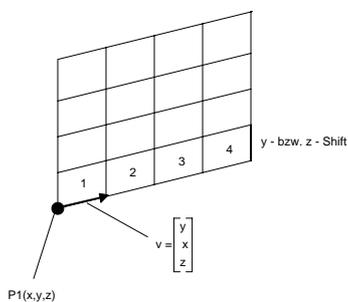


Abb. Vektordefinition

## 2. Emissionsraster An

Es wird ein kartesisches Raster durch Angabe zweier Eckpunkte und der Zellgröße definiert:

**Startpunkt** - Eckpunkt links unten  
**Endpunkt** - Eckpunkt rechts oben

Die Zellgröße wird über

**dX-Weite** - Zellgröße in X-Richtung  
**dY-Weite** - Zellgröße in Y-Richtung

festgelegt. Das Raster ist immer orthogonal bezüglich der X- und Y-Achse - schiefwinklige Raster sind nicht möglich.

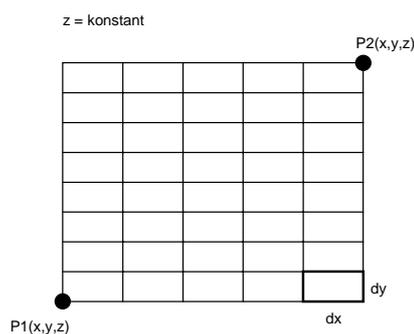


Abb. Kartesisches Emissionsraster

**Hinweis:** Die z-Koordinate von Start- und Endpunkt ist immer relativ zum Boden, falls ein Geländemodell geladen ist.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, das Berechnungsfeld mit Hilfe einiger Aktionsschalter anzupassen:

### **xy-Ebene, xz-Ebene, yz-Ebene**

Die Funktion richtet das Berechnungsfeld auf die jeweilige Ebene aus und paßt die Größe automatisch an die Geometrie an.

Der entsprechende Button im "**Berechnungsparameter Dialog**" ist hervorgehoben. Wenn Sie das Berechnungsfeld durch manuelle Eingabe einstellen, wird der zugehörige Button ebenfalls hervorgehoben. Sie haben also immer den Überblick, welche Ebene Sie gerade eingestellt haben.

Nach einer Drehung in die xy-Ebene, liegt die Ebene normalerweise auf der Höhe  $z=1\text{m}$ . Beim Wechsel von der xy-Ebene in die xz- oder yz-Ebene, wird die Ebene um den Nullpunkt gedreht. D.h. vertikale Schnittebenen verlaufen automatisch durch die Nullkoordinate. Falls Sie jedoch zuvor eine Koordinate mit dem Cursor in der Draufsicht des Konstruktionsfensters gewählt haben, dreht der Dialog die vertikalen Ebenen um diese. Hiermit bietet sich eine schnelle Möglichkeit, eine Schnittebene z.B. vor einer Gebäudewand zu positionieren.

Die Lage der Schnittebene wird in der 2D-Ansicht, der Isolinien Grafik und dem Konstruktionsfenster angezeigt. Die Anzeige läßt sich unter "Optionen | Erweiterte Einstellungen" ausschalten.

### **Ansicht**

Nach dem Zoomen kann das Berechnungsfeld mit **Ansicht** verkleinert werden.

### **Feiner/Gröber**

Die Button "Feiner" und "Gröber" verfeinern oder vergröbern das Raster für Sie automatisch.

### **Verdoppeln**

Der Befehl "**Verdoppeln**" vergrößert das Berechnungsfeld insgesamt bei konstanter Rasterweite.

### **Über, Unter, Vor, Hinter, Links und Rechts**

Platziert die Berechnungsfläche entsprechend in 0.2 m Abstand zu Gehäusen der Geometrie, bzw. Leitern falls aktiviert.

**Hinweis:** Falls die sichtbare Fläche in "**Proportionalansicht**" größer als das Berechnungsfeld ist, wird letzteres durch einen farblichen Rahmen hervorgehoben.

## 9.2 Spezielle Parameter

Zusätzlich zu den allgemeinen Berechnungsparametern gibt es in den Dialogen des Menü **Optionen Standard** weitere **Parameter** die im folgenden beschrieben werden. Anwendungsfälle für diese Parameter werden in den nächsten Unterkapiteln und im Kapitel **Fallstudien** vorgestellt.

### Extended Optionen

#### Interpolationspunkte - Anzahl Interpolationspunkte

Die Gesamtanzahl der zu berechnenden Punkte wird über das Berechnungsfeld festgelegt. Sie ist:

Anzahl der Punkte \* Anzahl der Reihen.

**Interpolationspunkte** bestimmt die Anzahl der Punkte, die hiervon interpoliert werden. Ist **Interpolationspunkte** auf Null gesetzt, werden alle Punkte berechnet. **Interpolationspunkte = 2** berechnet z.B. nur jeden dritten Punkt. Mit anderen Worten: Es werden jeweils 2 Zwischenpunkte interpoliert.

**Hinweis:** Die Interpolation wird zeilenweise durchgeführt. Die Anzahl möglicher Punkte je Zeile ergibt sich zu,

$$n * (\text{INTERPOLATIONSPUNKTE} + 1) + 1.$$

Sollte die Vorgabe **Anzahl der Punkte** hiervon abweichen, so wählt **EFC-400** den nächstgelegenen Wert. Dies hat die Konsequenz, daß sich die Anzahl der Gesamtpunkte verändert und sich der Endpunkt verschiebt. Falls Sie ein Berechnungsfeld bis X=100 m geplant haben, wird dieses unter Umständen auf X=99 m reduziert. Sie können diesem Effekt durch Verschieben des Endpunktes, oder Wahl eines anderen Interpolationsverhältnisses begegnen.

#### Dynamische Interpolation - dynamische Interpolation

Während der Interpolation tritt ein Fehler auf, der im Info-Fenster angezeigt wird. Um den Geschwindigkeitsvorteil der Interpolation zu nutzen und gleichzeitig den Fehler gering zu halten, gibt es die Methode **Dynamische Interpolation**, die jeden Interpolationspunkt noch einmal exakt berechnet, wenn der Fehler der Interpolation über 0.1% liegt.

**Auto Segmente** - Automatische Segmentierung

Diese Funktion dient ausschließlich zur Berechnung der elektrischen Feldstärken komplexer NF-Geometrien. Darunter werden z.B. kreuzende Leitungen verstanden. In diesen Fällen muß die Segmentierung fein genug sein, um die Ladungsverteilung befriedigend nachzubilden. In solchen Fällen ist es möglich, die Segmentierung von Hand zu setzen oder diese von **EFC-400** iterativ erhöhen zu lassen, wobei die Voreinstellung der Segmente je Mast respektiert wird. Standardmäßig sollte **Auto Segmente** ausgeschaltet sein, da die Segmentanzahl sonst unnötiger Weise erhöht werden könnte.

**Sparse Matrix Inversion**

**EFC-400** bietet ein spezielles Verfahren zur Inversion der Potentialkoeffizienten-Matrix im NF-Modus, welches der Eigenschaft Rechnung trägt, daß die Matrix gelegentlich nur wenige von Null verschiedene Elemente beinhaltet. Dies tritt immer dann auf, wenn weitläufige Berechnungsfelder mit mehreren Leitungen betrachtet werden. **Abstandslimit** legt in diesen Fällen den größten Wechselwirkungsabstand fest. Die **Sparse Matrix Inversion** verwendet diese Grenze und kann die Matrix dadurch schneller invertieren.

Ein Vorteil besteht allerdings nur dann, wenn mehrere Mastfelder berechnet werden sollen und **Abstandslimit** gesetzt worden ist.

**Abstandslimit**

Mit **Abstandslimit** kann der Anwender den größten Wechselwirkungs-Abstand festlegen. Dies bedeutet, daß für jeden Punkt des Raumes nur die Geometrielemente berücksichtigt werden, die in eine Kugel mit dem Radius **Abstandslimit** hineinragen.

Die Funktion **Abstandslimit** prüft die tatsächliche Entfernung zu Objekten. Das heißt, daß bei einer Einstellung von 100 m, die Feldstärke nur bis zu einem Abstand von 100 m vom Objekt berechnet wird. Bei großen Flächegebieten bietet dieses Verfahren einen erheblichen Geschwindigkeitsvorteil.

**Überlappungsfaktor**

Die Feldstärken der Punkte innerhalb des **Abstandslimits** werden auf der Grundlage aller Objekte innerhalb der Distanz= (**Abstandslimit** \* **Überlappungsfaktor**) berechnet. Ohne Abstandslimit hat der Überlappungsfaktor keine Bedeutung. Ist der Überlappungsfaktor zu klein, kann dies zu „Zacken“ im Bereich der äußeren ISO-Linien führen, wobei jedoch niemals die Maxima betroffen sind.

## Technical Optionen

### **Zeitabhängiges Feld** - zeitabhängige Feldstärken

**EFC-400** berechnet die Feldstärken als RMS Werte. Mit der Option "**Zeitabhängiges Feld**" ist es im NF-Modus zusätzlich möglich das momentane Feld zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  zu betrachten. Der Zeitpunkt wird bei Vorhandensein einer festen Frequenz durch den Phasenwinkel definiert. Liegt ein Gemisch aus Frequenzen vor, wird der Zeitpunkt in [ms] eingegeben.

Erstes augenscheinliches Merkmal des Modus **Zeitabhängiges Feld** ist, daß sich die X-Achse verschiebt, um auch negative Feldstärken zu ermöglichen.

### **Frequenz** - Frequenz Modus

Mit **Frequenz** wird im NF-Modus eine feste Frequenz vorgewählt (**16 2/3, 50, 60, 300, 400 Hz**) oder ein Gemisch aus Frequenzen zugelassen (**Free**). Bei Wahl einer festen Frequenz werden die Frequenzangaben der einzelnen Objekte ignoriert. Im Falle **Frequenz Free** werden letztere verwendet. **Frequenz Free** sollte jedoch immer nur dann eingesetzt werden, wenn verschiedene Frequenzen vorliegen, da sich sonst die Rechenzeit unnötig erhöht.

### **Leitender Erdboden** - Erdbodeneinfluß wahlweise

**Leitender Erdboden = An** führt Berechnungen der elektrischen Feldstärken im NF-Modus mit Erdbodeneinfluß (leitfähiger Erdboden), wie z.B. für Freileitungen etc. notwendig, durch. Die Einstellung **Aus** ignoriert den Erdboden und kann z.B. für Anlagen in geschlossenen Räumen verwendet werden.

### **Spannungstyp** - Phasen- oder Systemspannung

Legt fest ob Spannungsangaben als Außenleiter zu Außenleiter (System) oder als Leiter zu Erde (Phasen) Werte interpretiert werden.

## Freileitungen Optionen

### Berechne in Mastfläche

In unmittelbarer Nähe der Mastfüße können aufgrund des Ersatzladungsverfahrens nennenswerte Feldstärkebeträge entstehen, die in der Praxis nicht vorliegen. Falls Sie die Option **Berechne in Mastfläche** ausschalten, wird der direkte Bereich ( Mastfußabstand \* sqrt(2) ) um die Mastfüße nicht berechnet.

### Segmente pro Mast

Masten werden normalerweise (Option auf **Auto**) wie Leiterseile segmentiert. Bei der Wahl von z.B. 20 Segmenten besteht ein Mast des Typs "Einebene" aus 120 Segmenten. Wenn viele Mastfelder berechnet werden, stoßen Sie so schnell an die Grenzen der Rechnerkapazität. Sie können dies verhindern, indem Sie die **Segmente pro Mast** fest vorgeben. Standardmäßig sollte diese Option auf **Auto** stehen.

### Spannungstyp

Legt fest ob Spannungsangaben als Außenleiter zu Außenleiter (System) oder als Leiter zu Erde (Phasen) Werte interpretiert werden.

### No Segments for straight Objects

Verhindert die Segmentierung gerader Leiter bei der E- und dB(A) Berechnung zur Beschleunigung.

### Ext. Geometrie Format

Hat die gleiche Funktion wie der Wechsel zwischen Trassen und Leiter im Geo-Fenster.

### Tower to Earth Resistance

Legt den Übergangswiderstand zwischen Masten und Erdboden fest, welcher zum Erdseilwiderstand addiert wird, wodurch sich die Erdseilströme vermindern.

### 9.3 Erstellen einer Berechnung

Voraussetzung zum Durchführen einer Berechnung ist ein geladener oder eingegebener Geometriedatensatz. Auf Wunsch kann zusätzlich ein Bodenprofil unterlegt werden. (Achtung: Bestehende Bodenprofile werden beim Laden einer neuen "GEO" Datei wieder gelöscht)

Die Berechnung rufen Sie über den Menüpunkt "**B-Feld**" bzw. "**E-Feld**" aus dem Menü **Berechnung** auf. **EFC-400** rechnet in diesem Fall nur dann, wenn eine Änderung des Datensatzes stattgefunden hat. Wollen Sie **EFC-400** zur Berechnung zwingen, so sind die aktuellen Berechnungsdaten zunächst mit dem Menüpunkt "**Daten zurücksetzen**" aus dem Menü **Berechnung** zu verwerfen. Danach können Sie die Berechnung wie gewohnt über den Menüpunkt "**B-Feld**" bzw. "**E-Feld**" aus dem Menü **Berechnung** ausführen.

Vor der Berechnung prüft **EFC-400**, ob die Größe des Berechnungsfeldes realisierbar ist. **EFC-400** wählt entsprechend einen von 3 Speicher-Modi:

#### **S - Small Memory Modus**

bis zu 15000 Punkte,  
RMS, Spitzenwert und Komponenten gleichzeitig im Speicher,  
verwendet konventionelle Pointer.

#### **L - Large Memory Modus**

max. Punkte = 1/4 des freien Hauptspeichers,  
entweder RMS oder Spitzenwert im Speicher,  
verwendet global Memory im Protected Modus.

#### **XL - Extra Large Memory Modus**

max. Punkte = 1/12 der freien HD Kapazität,  
entweder RMS oder Spitzenwert im Speicher,  
Auslagerung auf Platte.

Der Speichermodus und der freie Speicher werden während der Berechnung angezeigt. Nach einmaliger Berechnung des elektrischen und magnetischen Feldes, werden die Daten in temporären Dateien gehalten, damit für neue Berechnungen möglichst der gesamte Hauptspeicher zu Verfügung steht. Aus selbigem Grund erfolgt im **Large Memory Modus** keine gleichzeitige Berechnung von RMS und Spitzenwert.

Zur Berechnung aller Datensätze (B, BP, E, EP) im **Large Memory Modus** ist die Berechnung insgesamt 4 mal durchzuführen. Nach einmaliger Berechnung dienen die Schalter

### RMS und Spitzenwert

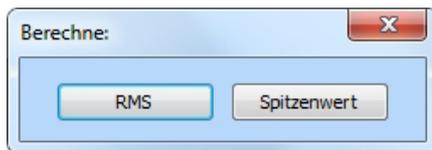


Abb. Berechnungsauswahlbox

der Berechnungsauswahlbox nicht mehr zur neuen Berechnung sondern zum Anzeigenwechsel (solange die Geometriedaten unverändert bleiben).

Falls **EFC-400** erkennt, daß die Geometrie verändert wurde, wird der aktuelle Datensatz gelöscht und E- sowie B-Feld müssen neu berechnet werden.

Ein Abbruch der Berechnung kann jederzeit mit <ESC> erfolgen.

**Hinweis:** Für den **Extra Large Memory Modus** wurde das Speichermodell für die Auslagerung von **EFC-400** Berechnungsdaten auf Festplatte so optimiert, daß es möglich ist, sehr große Datensätze ohne Geschwindigkeitsverlust (lediglich 5-10%-ige Verlängerung der Laufzeit) zu berechnen. Das Auslagerungsmodell wirkt sich ebenfalls positiv auf den Aufbau der Grafikkarte aus.

## 9.4 Optimierung der Berechnung

Für die Optimierung der Rechenzeit ist es wichtig, die Optionen von **EFC-400** zu beherrschen und den Berechnungsvorgang zu verstehen. Die Rechenzeit kann beschleunigt werden durch:

**Vermindern der Segmente:** Kann den Fehler vergrößern

**Reduzieren des Berechnungsfeldes, bzw. der Punkte:** Erzielt unter Umständen erhebliche Beschleunigungen.

**Hochsetzen der Interpolationspunkte:** Vergrößert den Fehler überproportional und sollte nur zusammen mit **Dynamische Interpolation** angewendet werden. Achtung: Bei zu vielen Interpolationspunkten sinkt die Geschwindigkeit wieder, weil der Fehler auch in Gebieten fernab von Geometrieelementen so groß wird, daß **Dynamische Interpolation** jeden Punkt berechnet.

**Segmente pro Mast erniedrigen:** Erhöht die Geschwindigkeit

### **Sparse Matrix Inversion**

**oder/und Abstandslimit setzen** - Positiver Effekt auf die Rechengeschwindigkeit nur bei mehreren Mastfeldern

**Wahl einer festen Frequenz:** Erhebliche Beschleunigung

Zu beachten ist jedoch, daß alle Maßnahmen den Fehler erhöhen können (aber nicht unbedingt müssen).

Falls zu viele Interpolationspunkte gewählt wurden, ist das leicht am zackigen Verlauf der Kurven zu erkennen. Bei komplexen Geometrien muß dies aber nicht so offensichtlich sein. Der Anwender sollte deswegen die **FALLBEISPIELE** studieren, in denen noch einmal auf diese Problematik eingegangen wird.

## 9.5 Spezialfunktionen im NF-Modus

### A) Funktion Phasen-Optimierung

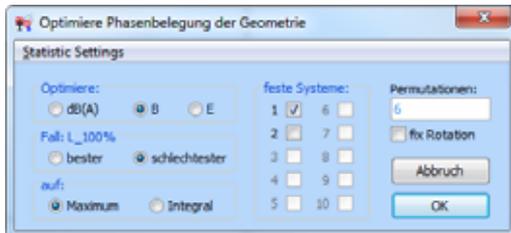


Abb. Dialog "Phasen-Optimierung"

Die Funktion kann grundsätzlich nur auf Extended Masten angewendet werden. Eine Optimierung der Phasenbelegung ist auf zwei Arten möglich:

#### Methode a) Optimierung eines Mastbildes der Bibliothek:

Dies ermöglicht die Optimierung eines Masttypen bevor mit diesem eine Trasse nachgebildet wird. Programmintern wird hierzu ein temporäres Mastfeld erzeugt, und die Feldstärke über ein Querprofil in Mastfeldmitte berechnet, welches die doppelte Ausdehnung der Trassenbreite aufweist. Das Querprofil hat eine Höhe von 1m (bezogen auf den Fußpunkt des Masten) und besteht aus 51 Berechnungspunkten.

**Bedienung:** Rufen Sie die **Mastbibliothek** über das Hauptmenü oder die Toolbar auf (Achtung die Mastbibliothek steht nur zur Verfügung wenn eine bestehende Geometrie geladen wurde, oder Sie eine neue Geometrie erzeugen). Laden Sie die Bibliothek deren Masten Sie verwenden wollen und ändern Sie den gewünschten Masten gegebenenfalls entsprechend Ihres Mastbildes. Markieren Sie den Masten mit der Maus oder mit den Cursortasten. Wechseln Sie zur "**Leiterkonfiguration**" des Masten. Sie sehen auf der linken Seite eine schematische Zeichnung der Leiterseilbelegung. Die Leiterseile sind darin aufsteigend nach ihrer Phase nummeriert. Rechts unten befindet sich die Taste "**Phasen-Optimierung**". Betätigen Sie die Taste und ändern Sie gegebenenfalls die Einstellungen in der erscheinenden Dialogbox bevor Sie mit OK bestätigen. **EFC-400** berechnet daraufhin alle möglichen Permutationen von Phasenbelegungen und übernimmt die beste. Hat sich die schematische Zeichnung nicht verändert, so lag bereits die günstigste Belegung vor. Verwenden Sie diesen Masten jetzt für die Nachbildung Ihrer Trasseengeometrie.

**Hinweis:** Ohne Sicherung der Bibliothek bleibt die Phasenbelegung nur bis zum Verlassen von **EFC-400** erhalten!

#### Methode b) Optimierung einer Trasse (die auch aus verschiedenen Masttypen bestehen kann):

Die Methode b) ermöglicht die Optimierung der Phasenbelegung einer Trasse im Hinblick auf die Feldstärken einer beliebigen Fläche, die auch außerhalb der Trasse liegen kann und deren Höhe variabel ist. Im Falle einer Leitungskreuzung ist es z.B. möglich zwei Freileitungen nacheinander zu optimieren, um minimale Bodenfeldstärken zu erhalten. Programmintern wird diese Aufgabe gelöst, indem die Feldstärken der Anwendergeometrie in dem gesamten Berechnungsfeld jeweils für alle Permutationen der Phasen berechnet werden. Das Zeitproblem wird dadurch behoben, daß der Anwender erst das gesamte Gebiet

berechnet und anschließend eventuelle kritische Bereiche mittels der Zoom-Funktion vergrößert. Mit der Funktion "Ansicht" wird das Berechnungsfeld angepaßt. Die Optimierung der Phasenbelegung wird jetzt nur auf die Feldstärken dieses Teilgebietes bezogen. Noch schneller ist die Optimierung, wenn nur ein Querprofil berechnet wird.

Bedienung: Öffnen Sie eine Geometrie, die mindestens eine Trasse enthält. Selektieren Sie die Trasse, deren Phasenbelegung Sie optimieren möchten im **Trassen Editor** durch Auswahl per Maus oder Cursor. Rufen Sie **Phasen-Optimierung** unter dem Hauptmenüpunkt **Berechnung** auf und ändern Sie gegebenenfalls die Einstellungen in der erscheinenden Dialogbox bevor Sie mit OK bestätigen. **EFC-400** berechnet daraufhin nacheinander die Feldstärken im gesamten Berechnungsfeld für alle möglichen Permutationen von Phasenbelegungen. Die beste Kombination wird zum Abschluß noch einmal automatisch berechnet.

**Hinweis:** Sie sollten das Berechnungsfeld auf den für Sie relevanten Bereich beschränken und die Punktzahl so weit wie vertretbar reduzieren. Bedenken Sie das **EFC-400**  $6^{(\text{Anzahl der Systeme} - 1)}$  Berechnungszyklen durchführt! Sie können die Berechnung jederzeit mit ESC abbrechen.

Kriterien für die Optimierung der Phasenbelegung sind:

#### - Integral oder Maximalwert

Methode a):

- 1) Optimierung auf das Integral der Feldstärken eines Querprofils.
- 2) Optimierung auf den Maximalwert eines Querprofils.

Methode b):

Wie 1) und 2), jedoch auf ein beliebiges Profil oder eine Fläche (vertikal oder horizontal) bezogen.

#### - E- oder B-Feld

Anwendbarkeit der Methoden a) und b):

Grundsätzlich kann nur nacheinander auf E und B optimiert werden. Als Phasen, Ströme, Spannung etc. werden die aktuellen Vorgaben verwendet. Die Phasen können auch von 0, 120, 240 abweichende Phasenwinkel aufweisen. **EFC-400** tauscht praktisch nur die Leiterseile innerhalb eines Systems entsprechend den möglichen Kombinationen. Die Methode a) optimiert nur die Phasenbelegung eines Masten der Bibliothek, betreffend der Feldstärken unterhalb des Mastfeldes in 1 m Höhe über dem Erdboden. Mittels der Methode b) kann auch eine Freileitung, die aus verschiedenen Masttypen besteht, optimiert werden. Für die Optimierung wird das gewählte Berechnungsfeld zugrunde gelegt. Dies bietet dem Anwender jede nur denkbare Möglichkeit, erfordert jedoch große Sorgfalt. Einige ausgewählte Beispiele verdeutlichen dies:

- Falls Sie für ein Berechnungsfeld neben einer Trasse optimieren, wird sich wahrscheinlich eine Phasenbelegung einstellen, die ein asymmetrisches Profil der Bodenfeldstärken hervorruft. Direkt unter der Trasse können die Bodenfeldstärken bei einer anderen Phasenbelegung geringer sein.

- Bei Optimierung auf ein ausgewähltes Mastfeld einer Trasse die aus verschiedenen Masttypen besteht, können die Feldstärken unter anderen Mastfeldern durchaus wieder zunehmen! Dies gilt auch dann, wenn auf eine Kreuzung von zwei Trassen optimiert wird.

- Wenn Sie die Phasenbelegung einer bestimmten Trasse in einem Berechnungsfeld, das mehrere Trassen enthält, auf den "Maximalwert" optimieren wollen, so kann dies nur erfolgreich sein, wenn die gewählte Trasse auch für die maximalen Feldstärken im Berechnungsfeld verantwortlich ist! Andernfalls ist eine Optimierung auf das Integral der Feldstärken zu wählen, oder das Berechnungsfeld auf einen Raum unter der gewünschten Trasse zu begrenzen.

Zusammenfassend läßt sich festhalten: Liegt nur eine Trasse vor, so ist es am einfachsten den Mast in der **Bibliotheksverwaltung** zu optimieren und die Phasenbelegung der Trasse anzupassen. Liegen mehrere Trassen dicht nebeneinander, kann nur Methode b) zum Ziel führen.

### Phasen-Optimierung: "worst-case"

Bei der Optimierung der Phasenbelegung ist die Suche der feldärmsten Anordnung **best** voreingestellt. Mittels **worst** kann die ungünstigste Variante gewählt werden.

**Hinweis:** Die Phasenlagen von Freileitungen oder Kabeln, können mittels der Funktion "**Phasen zufällig**" auch zufällig verteilt werden.

**Hinweis:** Das Ergebnis einer Phasenoptimierung können Sie protokollieren lassen, wenn Sie das Fehlerprotokoll anschalten. Sie finden dann im Arbeitsverzeichnis ein entsprechendes File Namens "Phases.log".

### Phasen-Optimierung: "fix Rotation"

Bei Permutation der Phasen werden diese nur Rotiert und nicht Gespiegelt, was schneller ist. Um wirklich alle Fälle zu erfassen sollte die Option deaktiviert werden.

## B) Funktion KIRCHHOFF GESETZ prüfen

Diese Funktion prüft alle Knotenpunkte zusammenhängender Leiter auf:

**Stromsumme**  
**Frequenz**  
**Phase**  
**Spannung**

Als "elektrisch in Kontakt" werden alle End- und Startpunkte von Leitern mit einem Abstand von weniger als 0.001 m angesehen. Die Berührung von Leitern an anderen Positionen (z.B. in Leitermitte) wird nicht als Kontakt betrachtet. Falls ein Fehler auftritt, erscheint eine Warnung, die auf die Art der Verletzung hinweist. Alle inkonsistenten Leiter werden anschließend markiert.

## C) Funktion KIRCHHOFF GESETZ korrigieren

Die Funktion "Kirchhoff Gesetz korrigieren" setzt die Ströme auf Leiteranordnungen und ist insbesondere zur Konstruktion von Niederspannungsverteilungen nützlich. Sie markieren hierzu eine Auswahl von Leitern und führen "Kirchhoff Gesetz korrigieren" aus.

Je nachdem ob Sie "Aktive" Leiter definiert haben oder nicht, gibt es die zwei folgenden Möglichkeiten (das Festlegen von Aktiven Leitern ist Standard!):

### a) ohne aktive Leiter

Der Leiter mit dem größten Strom wird als Einspeisung betrachtet. Eine zusammenhängende Anordnung darf vor Aufruf der Funktion nur genau einen Leiter enthalten, der mit dem höchsten Strom belegt ist (z.B. sinnvoller Weise die Einspeisung). Alle anderen Leiter können beliebige kleinere Werte oder auch Null aufweisen. Die Ströme und Phasen auf diesen Leitern werden automatisch richtig gesetzt. Um ungleichmäßige Auslastungen zu erhalten, können Teile der Niederspannungsverteilung einzeln nacheinander bearbeitet werden.

### b) mit aktiven Leitern

Das Konzept aktiver und passiver Leiter vereinfacht die Konstruktion von Netzstationen und Schaltanlagen erheblich. Leiter, die mit Strom belegt werden, sind als aktiv anzusehen, während Leiter ohne Strom passiv sind. EFC-400 versteht die aktiven Leiter als Einspeisung und berechnet mit der "Kirchhoff Gesetz korrigieren" Funktion die Stromverteilung auf den passiven Leitern. Die Eigenschaft aktiver oder passiver Leiter ist grundsätzlich eine Eigenschaft von Leitern, die genauso wie alle anderen Parameter beim Kopieren,

Verschieben, Speichern, Laden oder auch beim Erstellen von Blöcken erhalten bleibt. Wenn Sie den als Standard definierten Modus "Auto Administration" ausschalten, bleiben die Zustände der Leiter beim Verändern der Ströme durch den Anwender unberührt. Sie müssen den aktiven und passiven Status von Leitern dann manuell setzen ("Aktiv setzen" oder "Passiv setzen"). Ausnahme bilden Leiter ohne Strom oder solche, deren Ströme auf 0 zurückgesetzt werden - diese Leiter bleiben immer passiv!

In der Praxis sieht das Arbeiten mit diesem neuen Feature wie folgt aus: An einer Netzstation setzen Sie hochspannungsseitig drei Einspeisepunkte auf, z.B. 400 A. Die Abgänge im Ringnetz setzen Sie auf 382 A. Auf der Niederspannungsseite betrachten Sie die Transformatorenkerzen als Einspeisung und setzen diese auf einen Strom von 909 A. Mit der Funktion " Kirchhoff Gesetz korrigieren " kann anschließend in einem Durchgang die Stromverteilung der gesamten Netzstation berechnet werden. Es ist auch möglich, die Ströme auf der Niederspannungsseite rückwärtig anzugeben. D.h., Sie können die einzelnen Abgänge der Niederspannungsverteilung mit einem Strom belegen, EFC-400 summiert die Ströme dann und berechnet auf den Sammelschienen und den Verbindungsleitungen zum Trafo den entsprechenden Summenstrom.

**Hinweis:** Der Anwender kann die Option "Alle Leiter positiv" aktivieren, um alle Leiterrichtungen und alle Stromrichtungen automatisch für ausschließlich positive Ströme zu korrigieren.

**Hinweis:** Es können Fehler auftreten, wenn identische Leiter existieren. Derartige Leiter können Sie entfernen lassen, indem Sie die Option "identische Leiter entfernen" im Kirchhoff Gesetz korrigieren Dialog aktivieren.

**Hinweis:** Bei Ausführung der Funktion " Kirchhoff Gesetz korrigieren " ist es möglich, ein Teilungsverhältnis anzugeben. Beim Teilungsverhältnis von 1:1 erhalten Sie wie gewöhnlich die erwartete Stromverteilung auf der Leiteranordnung. Bei hiervon abweichenden Teilungsverhältnissen gewichten Sie den Strom an jedem Knotenpunkt entsprechend des Teilungsverhältnisses. Sie können diese Funktion einsetzen, um z.B. an einer Niederspannungsverteilung eine ungleichmäßige Auslastung zu erzeugen, oder um bei einer im Ringnetz betriebenen Netzstation nur einen geringen Bruchteil des Stromes aus dem Hochspannungsschaltfeld zu entnehmen.

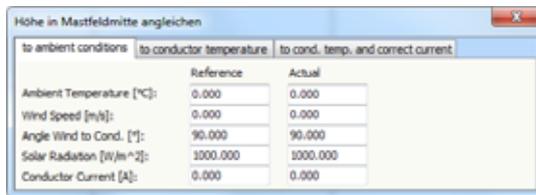


Abb. Temperatur anpassen Dialog

## D) Funktion Temperatur anpassen

Bei Vorgabe einer Referenz für Außentemperatur und Seilstrom, berechnet die Funktion die Durchgangsdifferenz für die aktuelle Außentemperatur und den aktuellen Seilstrom. Der neue Erdbodenabstand der Seile in Mastfeldmitte kann mit INFO angezeigt, oder mit **zuordnen** übernommen werden. Die Funktion steht nur im **Leiter Editor** zur Verfügung und wirkt nur auf markierte Seile. Nach einmaliger Anwendung, kann der vorherige Erdbodenabstand wieder hergestellt werden, indem die Funktion erneut - mit vertauschten Eingaben von Referenz und aktuellen Werten - aufgerufen wird.

## E) Funktion Durchhang berechnen

Die Funktion **Durchhang berechnen** berechnet die Zustandsgleichung markierter Leiterseile. Vorgaben sind

**Seilzugkraft [kN]**  
bei Luft **Temperatur [C]**  
und Strom = 0 A

woraus der Durchhang ohne Last bestimmt wird. Mittels der weiteren Angaben

aktuelle Luft **Temperatur [C]** und  
aktuelle **Windgeschwindigkeit [m/s]**

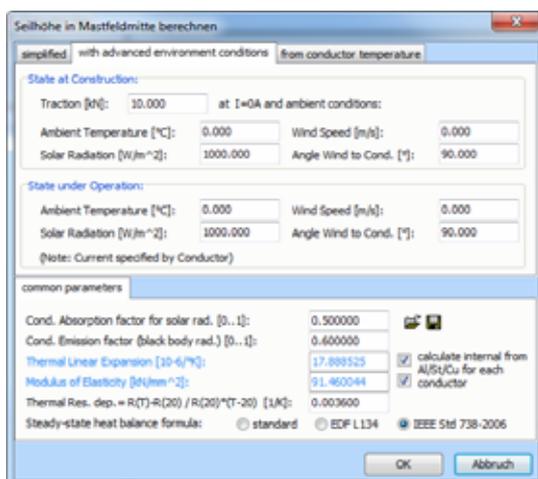


Abb. Durchhang berechnen

und dem **aktuellen Leiterstrom** berechnet **EFC-400** den absoluten Erdbodenabstand in Mastfeldmitte. Der vorherige Wert des Erdbodenabstand spielt dabei keine Rolle und wird unwiderruflich überschrieben.

## 10. Datendarstellung

**EFC-400** bietet verschiedene Möglichkeiten, die berechneten Daten grafisch darzustellen. Präsentiert wird immer das gesamte, durch die Berechnungsparameter eingestellte Berechnungsfeld.

**Hinweis:** Um verschiedene Berechnungen zu vergleichen, ist es möglich, mehr als eine Instanz von EFC-400 an Ihrem Arbeitsplatz zu öffnen. Wenn Sie eine neue Anlage konstruieren, sollten Sie jedoch nur mit einer Instanz von EFC-400 arbeiten, damit die Recover-Funktion funktioniert.

### 10.1 Auswahl der Berechnungsdaten

Die Berechnungsdaten werden über die Menüpunkte "**B-Feld**" und "**E-Feld**", sowie der Berechnungsauswahlbox (bezüglich RMS, Spitzenwert) selektiert.

Nach einer Berechnung des magnetischen Feldes im **Small Memory Modus** werden durch Anwahl von

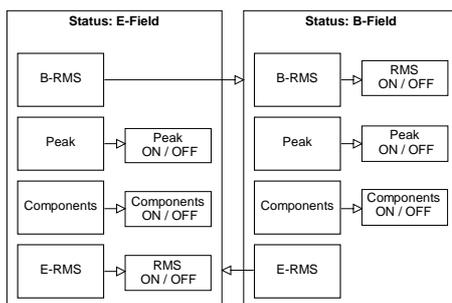


Abb. Small Memory Modus

"**RMS anzeigen**" - B-RMS  
 "**Spitzenwert anzeigen**" - Spitzenwert  
 "**Komponenten anzeigen**" - Komponenten (Bx, By, Bz)

aus dem Menü **Ansicht** die entsprechenden Datensätze mit in die Anzeige aufgenommen oder ausgeblendet. Es ist durchaus möglich überhaupt keinen Datensatz zu selektieren, so daß das Diagramm leer erscheint.

Wenn Sie den Menüpunkt "**E-Feld**" anwählen, veranlassen Sie **EFC-400** (falls noch keine Daten vorliegen) zur Berechnung des elektrischen Feldes. Nach deren Fertigstellung Sie wiederum die Menüpunkte

"**E-Feld**" - E-RMS  
 "**Spitzenwert anzeigen**" - Spitzenwert  
 "**Komponenten anzeigen**" - Komponenten (Ex, Ey, Ez)

einsetzen können, um einen Datensatz zu selektieren.

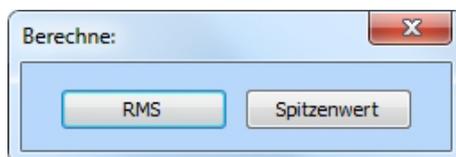


Abb. Berechnungsauswahlbox

Falls Ihr Berechnungsfeld mehr als 15000 Punkte enthält, schaltet **EFC-400** aus Gründen der Speicheroptimierung in den **Large Memory Modus**. Die Komponenten der Feldstärken stehen damit nicht mehr zur Verfügung. Es erfolgt nur noch die Berechnung von **RMS** oder **Spitzenwert** Datensätzen. Infolge dessen erscheint bei der Anwahl der Menüpunkte "**B-Feld**" und "**E-Feld**" zusätzlich eine Berechnungsauswahlbox, die über eine **RMS**- oder **Spitzenwert**-Berechnung entscheidet.

Erneute Anwahl eines Menüpunktes bewirkt keine Darstellungsänderung.

## 10.2 Konstruktionsfenster

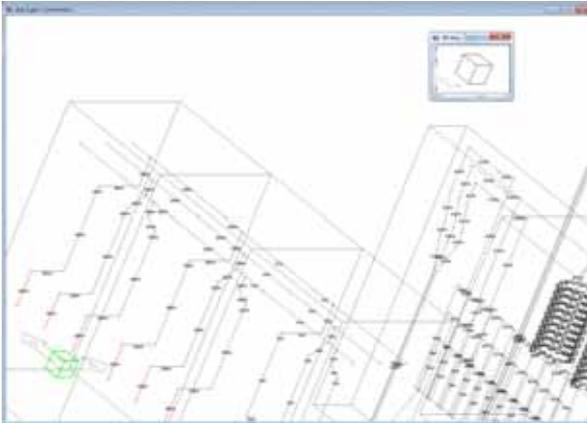


Abb. 3D-Ansicht der Konstruktion

Die Geometrie können Sie von einem beliebigen 3D-Ansichtspunkt betrachten.

Wählen Sie hierzu den Befehl "3D-Ansicht" aus dem Hauptmenü oder dem lokalen Menü. Alle Zeichenfunktionen, insbesondere auch "Wählen-, Verschieben-", "Kopieren per Maus" etc. sind voll funktionsfähig. Beim Schieben im 3D-Raum können Sie die relativen Koordinaten wie üblich ablesen. Die verschobenen Objekte liegen immer in der Ebene des aktuellen Berechnungsfeldes. Zur Konstruktion komplexer Anlagen können Sie diese in jeder Ansicht betrachten und auch bearbeiten. Der Würfel und das Koordinatensymbol verdeutlichen Ihnen immer die Ansichtsebene.

Die Drehung wird lokal durchgeführt. Wenn Sie einen bestimmten Bereich zoomen und den Ansichtspunkt drehen, erfolgt die Drehung immer um das vergrößerte Bauteil.

Die folgenden Ansichtsmöglichkeiten erleichtern Ihnen zusätzlich die Konstruktion:

### Objekt Richtung

Mittels der Funktionstaste F3 kann jederzeit die Richtung der Transmitter oder Leiter durch kleine Pfeile angezeigt werden.

### Aktive Objekte

Die Betriebsdaten von Transmittern und Leitern sind im Konstruktionsfenster grafisch darstellbar (F4). Bei Leiteranordnungen findet ebenfalls eine Unterscheidung zwischen passiven und aktiven Leitern statt. EFC-400 zeigt aktive Leiter in rot und passive in der Farbe grau.

### Phasen farbig

Im Konstruktionsfenster können die Phasen der Objekte farbig angezeigt werden (F5). Indifferente Objekte, d.h. Objekte mit Phasen ungleich 0, 120 oder 240, werden in grau dargestellt.

### Fang Raster

Das **Fang Raster** wird mit F9 aktiviert - "Fang Raster" an/aus. Das Fang Raster ist in einer beliebigen 3D-Ansicht des Konstruktionsfensters aktivierbar, wird jedoch nur in der Draufsicht angezeigt.

### 10.3 X/Y-Darstellung

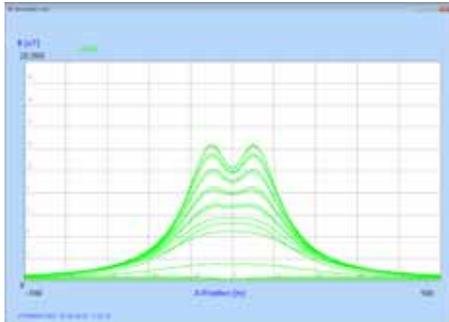


Abb. X-Darstellung

Die **X-Darstellung** zeichnet eine Projektion der Berechnungsdaten auf die X-Achse, die **Y-Darstellung** auf die Y-Achse. In den folgenden Abbildungen wird die Berechnung des Files "3TOWERS.GEO" immer wieder in einer anderen Form dargestellt.

Falls Sie nur Daten entlang einer Geraden berechnet haben, sehen Sie ein einzelnes Profil. Bei Berechnung eines Arrays erscheinen mehrere überlagerte Profile.

**In den Grafiken XYZ und Statistik ist grundsätzlich jede Art von Berechnungsfeld darstellbar.**

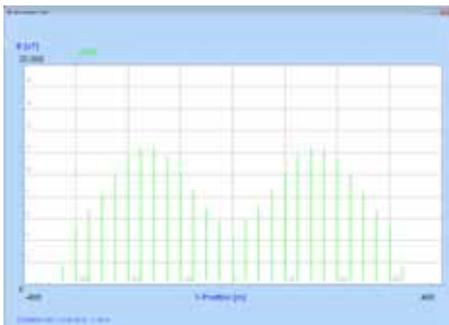


Abb. Y-Darstellung

## 10.4 Z-Darstellung

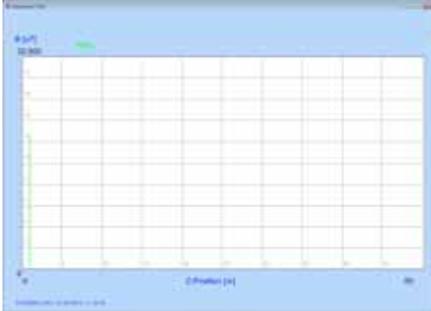


Abb. Z-Darstellung

Die **Z-Darstellung** zeigt eine Projektion der Berechnungsdaten auf die Z-Achse. Dies mag für den Anwender im ersten Moment ungewöhnlich erscheinen. Da ein Berechnungsfeld in der Regel auf einer konstanten Höhe liegt (z.B. 1 m), überlagern sich in der Grafik alle Daten zu einer Linie, dessen Höhe der maximalen Feldstärke entspricht.

**EFC-400** ermöglicht jedoch auch schief im Raum liegende, oder gar vertikale Berechnungsfelder, in denen sich die **Z-Darstellung** sinnvoll einsetzen lässt.

## 10.5 2D-Grafik

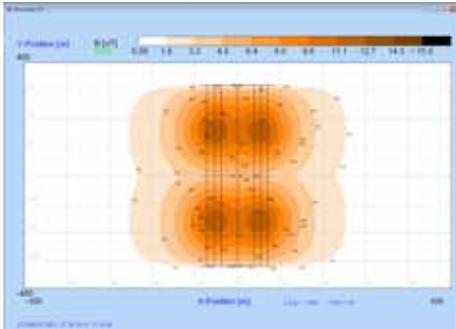


Abb. 2D-Grafik (horizontal)

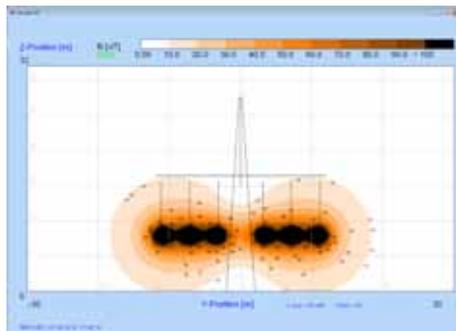


Abb. 2D-Grafik (vertikal)

In der **2D-Grafik** zeichnet **EFC-400** eine Projektion der Datensätze auf die XY-, XZ- oder YZ-Ebene. Bei der XY-Ebene kann der Ansichtspunkt zusätzlich gedreht werden. Die Feldstärken zwischen zwei Äquipotentiallinien werden in einem Farbton ausgefüllt. Es erfolgt immer eine 10-stufige Einteilung, deren Farbgebung vom Anwender in einer Farbdialogbox des Menüpunktes "**Farben**" Menü **Optionen** eingestellt werden kann. Es besteht auch die Möglichkeit, Teilstufen die gleiche Farbe zu geben.

**In der 2D-Grafik ist der Zoom Modus aktiv. Verfügbar ist der Zoom Modus jedoch nur dann, wenn:**

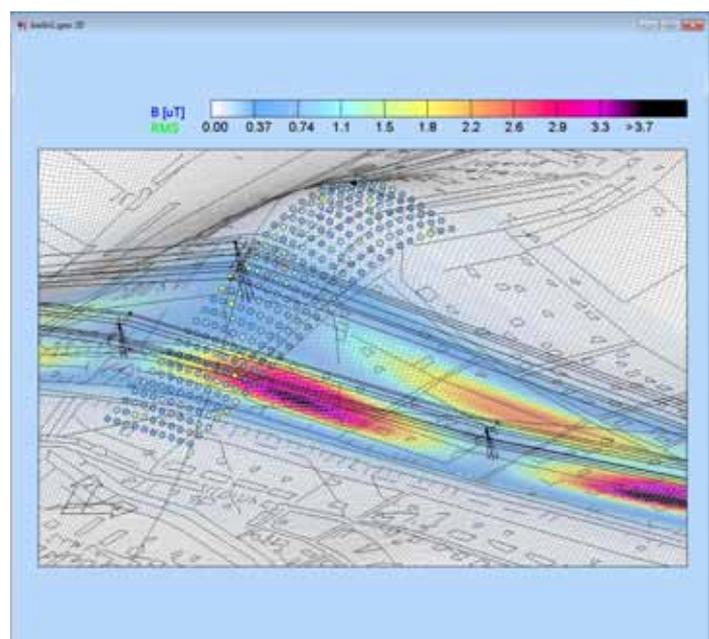
ein Berechnungsfeld vorliegt (mehr als eine Datenreihe)

und die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

a) horizontale Fläche ( $dz=0$ ,  $z\_shift=0$ ), oder zur X-Achse parallele vertikale Fläche ( $dy=0$ ,  $y\_shift=0$ )

b) Array ist kartesisch ( $dy=0$ )

Die Rotation des 3D-Ansichtspunktes ist auch in der 2D-Ansicht möglich. Wählen Sie "3D-Ansichtspunkt" aus dem lokalen Menü, und drehen Sie den erscheinenden Würfel. Sie erhalten dann ein richtiges 3D-Oberflächenprofil. Wie Sie in der Abbildung sehen können, beschreibt die Oberfläche (falls diese eingeschaltet ist) das Bodenprofil einschließlich Topographie.



Meßdaten können den Berechnungsdaten hinzugefügt werden, oder auch ohne Berechnungsdaten gezeigt werden. Die Maschenweite des Netzes ist unter dem Register "Ansicht" des "Erweiterte Einstellungen" Untermenüs anpaßbar.

In der **2D-Grafik** liegt **EFC-400** häufig nur ein grobes Raster von Berechnungspunkten vor. **EFC-400** interpoliert die Zwischenpunkte deshalb für die Darstellung flächendeckend. Je nach Datenumfang verwendet **EFC-400** eine von mehreren Grafikroutinen, die an die Datenmenge angepaßt ist. Dies hat den Sinn, große Datensätze wirklich nur in Bildschirmauflösung darzustellen.

Damit verbunden ist selbstverständlich ein etwas langsamer Bildaufbau. Wenn Sie diesen beschleunigen wollen, ist es möglich, nur die Rohdaten, d.h. die Berechnungsdaten, anzeigen zu lassen, indem Sie die Option "Rohdaten in 2D-Ansicht" im Menü "Erweitere Einstellungen | Ansicht" aktivieren. Die Berechnungsdaten werden dann nicht mehr auf Bildschirmauflösung interpoliert.

#### **Optimierung des Bildaufbaus:**

Das Zeichnen der **2D-Grafik** kann beschleunigt werden, indem die Variable "**Zeichne in zwei Schritten**" auf **AN** gesetzt wird. **EFC-400** zeichnet die 2D-Grafik daraufhin im ersten Schritt grob und verfeinert das Raster im zweiten Schritt bis auf Bildschirmauflösung. Diese Methode wird jedoch nur dann gewählt, wenn das Raster der Berechnungspunkte 4 mal gröber als das Bildschirmraster ist. Dies ist zumindest beim Zoom sehr häufig der Fall und führt zu einer erheblichen Beschleunigung der Darstellung. Die Standardeinstellung ist **AN**.

## 10.6 ISO-Linien

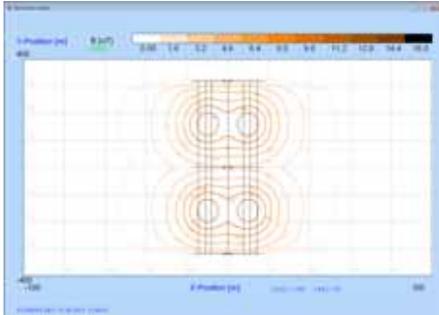


Abb. ISO-Linien

Die **ISO-Linien** Grafik entspricht im wesentlichen der **2D-Grafik**. Die Bereiche zwischen den Linien sind jedoch nicht farbig gefüllt.

Für die Farbeinstellungen und die Voraussetzungen zur **ISO-Linien** Grafik gilt das bereits im vorherigen Kapitel Dargelegte.

Aufgrund der außergewöhnlich schnellen Berechnung der **ISO-Linien** ist es insbesondere möglich, daß eine Linie gelegentlich Farbpixel der angrenzenden Farbstufe enthält. Dies betrifft jedoch nur die Darstellung. Sollten Sie die Daten exportieren, tritt dieser Effekt nicht auf.

Der **Zoom** ist auch in der **ISO-Linien** Grafik verfügbar, falls die selben Grundvoraussetzungen, wie bei der **2D-Grafik** erfüllt sind.

Beim **Isolinien Export** schaltet **EFC-400** automatisch den **Zoom** aus.

## 10.7 3D-Grafik

Die **3D-Grafik** stellt die Berechnungsdaten im **Virtual Reality Interface** dar, in dem Sie ebenfalls die Möglichkeit haben Daten wie im **Konstruktionsfenster** zu bearbeiten.

**Hinweis zur alten 3D-Grafik:** Falls Sie die Option zum Zeichnen der Bodenprofile im Dialog "**Kataster**" Menü **Optionen** eingeschaltet haben, wird das Profil in der Farbe Grau gezeichnet. Rechts am Rahmen befindet sich eine Höhenangabe die sich auf die Z-Achse bezieht. Die Skalierung erfolgt immer so, daß die Höhe des Profils 1/10-tel der Bildschirmachse beträgt.



Abb. 3D Virtual Reality Interface

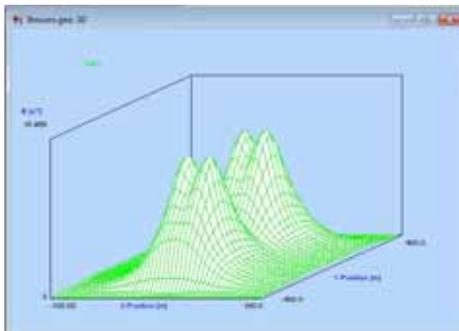


Abb. alte 3D Grafik (verdeckte Linien)

## 10.8 Statistik

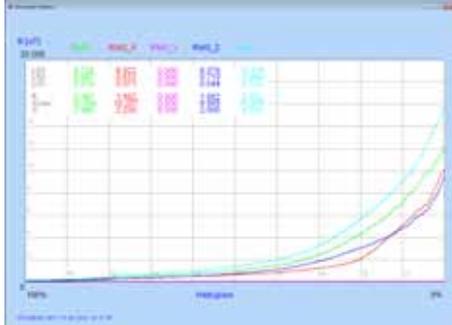


Abb. Statistik

Im Statistik Modus werden alle Daten, nach der Größe sortiert, dargestellt. Daraus läßt sich entnehmen, welche Feldstärke z.B. auf 40% einer Fläche überschritten oder unterschritten wird.

Zusätzlich werden einige nützliche Angaben wie

**Mittelwert**  
**Maximalwert**  
**L50-Percentile**  
**L05-Percentile**  
**L95-Percentile**  
**Standardabweichung**

angezeigt.

Es gilt zu beachten, daß die statistischen Werte nur dann zu 100% exakt sind, wenn sich das Programm im **Small Memory Modus** befindet. Andernfalls nimmt **EFC-400** aus dem Datensatz 'nur' eine Stichprobe von 15000 Punkten.

## 10.9 Titeleinblendung

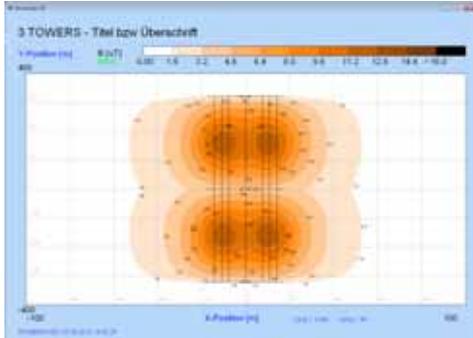


Abb. Darstellung mit Überschrift

Ist die Option "**Titel**" aus dem Dialog "**Standard**" im Menü **Optionen** aktiviert, wird der an gleicher Stelle im Dialog "**Standard**" definierte Titel in die Grafik eingeblendet. Der Untertitel kann bis zu 240 Zeichen enthalten.

## 10.10 Datenskalisierung

Standardmäßig skaliert **EFC-400** die Datensätze auf den Maximalwert. Im **Small Memory Modus** ist dies der Maximalwert der **Spitzenwert** Daten, im **Large Memory Modus** der Maximalwert der jeweilig letzten Berechnung.

Dies trifft auf alle Darstellungsarten zu, mit Ausnahme der XYZ-Darstellung und der Statistik.

Wenn Sie die Daten auf einen beliebigen Wert skalieren möchten, sei es z.B. auf einen Grenzwert, können Sie diesen im Dialog "**Extended**" Menü **Optionen** unter "**Max Daten Skalierung**" vorgeben. Sinnvoll ist dies insbesondere dann, wenn Sie **ISO-Linien** in vorgegebenen Intervallen erzeugen wollen.

Wenn Sie die Option "**Raster**" im Register "**Standard**" des **Optionen** Dialog eingeschaltet haben, hinterlegt **EFC-400** die Daten mit einem Feinskalierungsraster. Für dieses Raster wählt **EFC-400** ganze Zahlen, Dekaden, etc.

## 10.11 Optionen

Mit folgenden Optionen können Sie die Datendarstellung beeinflussen:



Abb. Dialog "Standard"

### Standard

#### Raster

Feinskalierungs raster (an/aus)

#### 3D Raster

3D-Grafik als Netz (an) oder nur als Linien

#### Verdeckt (an/aus)

verdeckte Linien in 3D-Grafik

#### Objekte

Objekte zeichnen (an/aus)

#### Titel

Titel im Bild (an/aus)



Abb. Dialog "Extended"

### Extended

#### Max Daten Skalierung

Skalierung auf den vorgegebenen Wert oder auf den Maximalwert (AUTO)

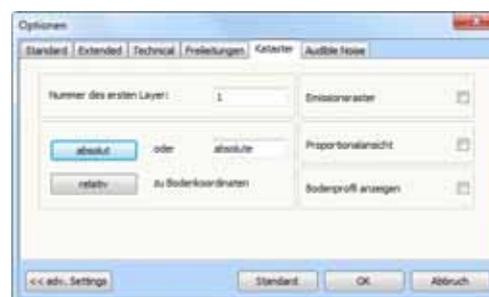


Abb. Dialog "Kataster"

### Kataster

#### Bodenprofil anzeigen

Anzeige von Bodenprofilen

#### Proportionalansicht

Gleiches Skalierungs-Verhältnis in X- und Y-Richtung

## 10.12 Zoom

In der 2D-Darstellung können Sie den **Zoom** Modus aktivieren. Durch Auswahl des Menüpunktes "**Zoom**" im Menü **Werkzeuge** werden Ihnen mit den Untermenüpunkten

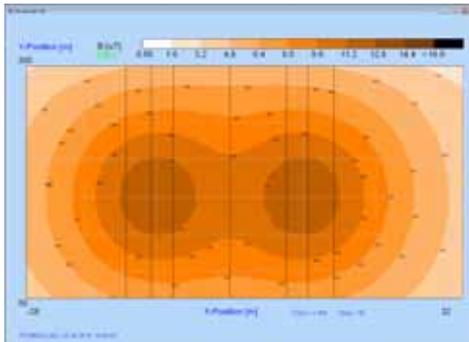


Abb. Zoom einer Grafik

- |                |   |
|----------------|---|
| <b>Alles</b>   | skaliert den Bildschirm auf die ursprüngliche Größe zurück (kein Zoom).   |
| <b>Vorher</b>  | stellt die vorherige Vergrößerungsansicht wieder her.   |
| <b>Fenster</b> | ermöglicht mit Hilfe der Maus ein Fenster (Rechteck) aufzuziehen, in dem der später zu betrachtende, sprich zu vergrößernde Ausschnitt liegt. |

Werkzeuge zur Bildschirmskalierung zur Verfügung gestellt.

Wenn Sie einen bestimmten Anlagenbauteil vergrößert haben, ist es möglich, mittels der Cursortasten das Ansichtsfenster zu verschieben. Indem Sie auf die **Cursortasten (->,<-,...)** drücken, können Sie Details wie z.B. Kabelanschlüsse verfolgen.

## 11. Datensicherung

### 11.1 Geometrie

Geometriedaten werden auf zwei Arten abgespeichert. Zum Einen können sie mit dem Menüpunkt "**Geo speichern unter...**" oder mit dem Menüpunkt "**Geo speichern**" aus dem Menü **Datei** gespeichert werden. Zum Anderen wird beim Abspeichern der Berechnungsdaten parallel ein gleichnamiges Geometriedatenfile erzeugt.

Vorgang beim Speichern der Geometrie mit dem Menüpunkt "**Geo speichern unter...**":

Sie öffnen im **Hauptfenster** das Menü **Datei** und wählen den Menüpunkt "**Geo speichern unter...**". Daraufhin erscheint der **Datei Speichern Dialog**, der Sie nach dem Namen der Geometriedatei fragt. In dem **Datei Speichern Dialog** sind bereits alle im Arbeitsverzeichnis existierenden Dateien mit der Extension "**GEO**" aufgelistet. Im Folgenden können Sie die aktuelle Geometrie unter einem neuen Dateinamen abspeichern oder eine bereits existierende ältere Geometrie überschreiben. Um eine ältere Geometriedatei zu überschreiben, wählen Sie die Datei aus der Liste aus und drücken den **OK**-Button. Soll eine Datei mit neuem Namen angelegt werden, geben Sie den Dateinamen über die Tastatur in das Feld mit der Bezeichnung **Dateiname** ein. Die Extension kann bei der Eingabe weggelassen werden.

#### **Projekt speichern unter**

Wenn Sie an einem umfangreichen Projekt arbeiten, welches z.B. ebenfalls Hintergrundkarten, Meßdaten etc. enthält, können Sie jetzt das gesamte Projekt duplizieren, indem Sie die Funktion "**Projekt speichern unter...**" aufrufen.

#### **Projekt löschen**

Bei "**Projekt löschen**" geben Sie den Namen der Geometriedatei an und EFC-400 löscht alle zugehörigen projektbezogenen Daten.

### 11.2 Datenbank

Das Speichern der Geometriedaten ist auch im XML Format möglich. Siehe Kapitel **Daten Laden/ Datenbankschnittstelle**.

### 11.3 Berechnungsdaten

Das Speichern der Berechnungsdaten ist im **Hauptfenster** mit den Menüpunkten

<b>Daten speichern unter...-</b>		Speichern unter neuem Namen
<b>Alles speichern</b>	-	B- und E-Felddaten speichern
<b>Daten speichern</b>	-	momentan aktiven Datensatz speichern

aus dem Menü **Datei** möglich.

Die Berechnungsdaten werden als Binärdatei abgespeichert und haben die Extension **\*.E**, **\*.B**, **\*.EP** und **\*.BP**.

Typ	Large Memory Modus	Small Memory Modus
*.E	RMS-Daten E-Feld	E-Feld Daten komplett
*.B	RMS-Daten B-Feld	B-Feld Daten komplett
*.EP	Spitzenwert E-Feld	-
*.BP	Spitzenwert B-Feld	-

Beim Sichern von Berechnungsdaten wird neben den Daten ebenfalls die dazugehörige Geometriedatei unter gleichem Namen abgespeichert. Dies ist notwendig, da der Berechnungsdatensatz selbst keine Geometrieinformationen enthält, und die Berechnungsdaten ohne die dazugehörige Geometrie nicht mehr darstellbar sind.

Um den aktuellen Bezug von Berechnungsdaten und Geometriedaten zu gewährleisten ist das Berechnungsdatenfile mit demselben Zeitstempel versehen, wie die Geometriedatei.

Wird eine Geometriedatei, zu der Berechnungsdaten in gespeicherter Form existieren, unter gleichem Namen abgespeichert, verlieren die zuvor abgespeicherten Rechenergebnisse ihre Gültigkeit und können nicht mehr geladen werden.

**Hinweis:** Wird die Geometriedatei versehentlich überschrieben, ohne daß Änderungen an ihr vorgenommen wurden, so kann die Gültigkeit der Berechnungsergebnisse mit einem speziellen Tool zur Datumsänderung **Settime** wiederhergestellt werden. Folgen Sie dem Dialog des Tools und setzen das Datum des Berechnungsdatenfiles und des Geometriefiles gleich. Nach diesem Vorgang werden die Berechnungsdaten mit der Geometrie wieder automatisch geladen.

Neben dem Hilfsprogramm "**SetTime**" (Synchronisation zweier Dateien) wird jetzt mit **EFC-400** das Tool "**SetFTime**" ausgeliefert. "**SetFTime**" ermöglicht es alle Dateien in einem Verzeichnis - einschließlich aller Unterverzeichnisse - auf ein vorgegebenes Datum/Zeit zu setzen.

Mit dem Menüpunkt "**Daten speichern**" können Sie den derzeitige angezeigten Datensatz abspeichern (gesichert wird immer nur ein Datensatz).

Befindet sich **EFC-400** im **Small Memory Modus**, werden Daten als \*.B oder \*.E abgespeichert. Im **Large Memory Modus** werden, je nach berechneten Datensatz, Dateien vom Typ \*.B, \*.E, \*.BP, \*.EP gesichert.

Der **Datei Speichern Dialog** bereitet den Speichervorgang auf den angezeigten Datensatz vor, indem die korrekte Extension eingestellt wird. Vom Benutzer wird lediglich der Dateiname angegeben. Eine andere Extension, als die voreingestellte ist nicht möglich.

Der Menüpunkt "**Alles speichern**" speichert im Gegensatz zu "**Daten speichern**" sämtliche, auch im Hintergrund befindliche, Berechnungsdaten, wenn diese vorliegen. Damit können alle E- als auch B-Felddaten in einem Schritt gesichert werden.

### Komprimierte Datenfiles

**EFC-400** verfügt über die Möglichkeit die Berechnungsdaten komprimiert zu Speichern. Setzen Sie hierzu die Variable **Datenkomprimierung = an/aus**. Mit **Komprimierungslimit = x** legen Sie fest, ab welchem Limit **EFC-400** Berechnungsdaten beim Speichern verwerfen soll. Wenn Sie z.B. Feldstärken unter 0.1  $\mu\text{T}$  (bzw. 0.1 V/m) vernachlässigen wollen, dann setzen sie "Komprimierungslimit = 0.1". **EFC-400** führt nur dann eine Komprimierung durch, wenn dies mit mindestens 50% Platzersparnis verbunden ist. Beim Einlesen unterscheidet **EFC-400** eigenständig zwischen "normalen" und "komprimierten" Datensätzen. Wenn Sie häufig große Berechnungsfelder verwenden, die - auf die Gesamtfläche bezogen - nur wenige Freileitungen enthalten, können Sie durchaus den Speicherbedarf (HD!) auf 10% reduzieren.

## 12. Daten drucken

### 12.1 Grafik

**EFC-400** stellt für die Druckausgabe im Menü **Datei** den Menüpunkt **"Drucken"** zur Verfügung. Mit der **"Drucken"** Funktion wird immer der Inhalt des zuletzt aktiven Fensters ausgegeben.

Gedruckt wird mit dem derzeit im Dialog **"Druckereinstellung"** eingestellten Windows Druckertreiber. Der Menüpunkt **"Printer Setup..."** ist im Menü **File** verfügbar.



Abb. Druckereinstellung

Zusätzlich kann die **Hardcopyfunktion** (<Druck>-Taste) benutzt werden, um Bildschirm-Captures zu erzeugen, die in Dokumente eingefügt werden können. (Copy & Paste über die Zwischenablage)

Die, im Dialog **"Druckereinstellung"** verfügbare Option **"Auflösung"** legt fest, ob beim Drucken lediglich die Bildschirmauflösung verwendet wird (**Bildschirm**) oder die maximale Druckerauflösung (**Drucken**).

### Die Stiftbreiteneinstellung

Speziell für die Druckausgabe wurde eine Anpaßmöglichkeit der Stiftbreiten eingeführt. Die Linienbreiten beziehen sich sowohl auf den Ausdruck, als auch auf die Linien in den Grafikfenstern. Mit dem Menübefehl **"Optionen | Stiftbreiten"** können die Linienstärken gewählt werden:

- 0 - Haarlinie
- 1 - 1 Pixel
- 2 - etc.

Bei der Installation von **EFC-400** in der Standardkonfiguration werden alle Stiftbreiten auf Null gesetzt. Dies führt auf allen Bildschirmen und den meisten Druckern zu guten Resultaten. Je nach Auflösung kann es vorkommen, daß auf S/W-Druckern unter bestimmten Einstellungen Linien fehlen. Auf Laserdruckern kann dies durch Wahl des Formates HPGL behoben werden.

## 13. Daten exportieren

### 13.1 Übersicht

Die von **EFC-400** berechneten Daten können zum Zweck der Weiterverarbeitung (z.B.: Erstellung von Repräsentationsgrafiken oder statistischen Auswertungen) als ASCII-Datei exportiert werden. Spezielle Exportformate stehen für die Programme Excel™ und Stanford Graphics™ zur Verfügung. Zur Weiterbearbeitung der Berechnungsdaten läßt sich die ISO-Linien-Grafik als DXF-Format (AutoCad™) speichern.

**EFC-400** exportiert bei Verwenden des Menüpunktes "**Datei | Export**" die jeweils sichtbaren Dateninformationen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die möglichen Datenexporte in Abhängigkeit vom Darstellungsmodus.

		Darstellung			
		XYZ-Achse	2D-Ansicht	3D-Ansicht	ISO-Linien
<b>Exporttyp</b>	ASCII Array (*.TXT)	x	x	x	
	Isolinien (*.DXF)				x
	Hatch Pattern (*.DXF)				x
	2D Solid (*.DXF)				x
	XYZ Daten (*.DXF)	x			
	4D Farb Array (*.TXT)			x	
	Vector Array (*.TXT)			xx	
	BMP / JPG / WMF	x	x	x	x
	Zwischenablage	x	x	x	x

x Einstellung der Parameter beliebig

xx Voraussetzung für den Vektorexport ist folgende Einstellung im Dialog "**Technical**" Menü **Optionen**:

**Zeitabhängiges Feld = An.**

**Hinweis:** Die Nachkommastellen für den Export können eingestellt werden.

## 13.2 ASCII Export (TXT)

Der ASCII-Export ist für die Darstellungen **X**, **Y**, **Z**, **2D** und **3D** verfügbar, indem der Untermenüpunkt "**Ascii Array**" Menü "**Datei | Export**" ausgeführt wird. Anschließend wird im **Datei Speichern Dialog** der Dateiname angegeben. (Die Extension \*.TXT ist vorgegeben).

Der ASCII-Export gibt die momentan sichtbaren Daten der Ansichten **X**, **Y**, **Z**, **2D** und **3D** aus. Die Dateninformation liegt in Tabellenform vor, so daß diese von vielen Programmen (z.B. MS-Excel™) eingelesen werden kann (siehe Anhang B: **Datenformate**).

### a) X, Y, Z-Darstellung:

Zweispaltige Tabelle mit Koordinaten und Berechnungsdaten.

### b) 2D- und 3D-Grafik:

Array der Berechnungsdaten mit zugehörigen X, Y- Koordinaten.

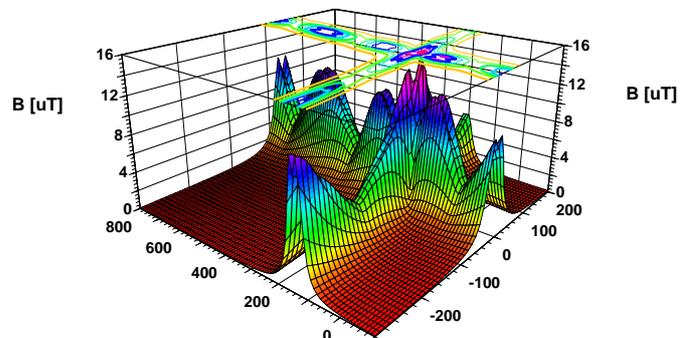


Abb. Stanford Graphics Surface-Plot

In der Abbildung ist eine mit Stanford Graphics erzeugte Grafik zu sehen, die auf dem ASCII-Datenexport der 3D-Ansicht aufbaut (Geodatei "11TOWERS.GEO").

## 13.3 DXF Export

### ISO-Linien

Der ISO-Linien-Export wird über den Untermenüpunkt "Isolinien" Menü "Datei | Export" vorgenommen. Der "Datei Speichern Dialog", ermöglicht die Angabe des Dateinamens. (Extension \*.DXF ist vorgegeben).

**EFC-400** baut daraufhin erneut die ISO-Linien-Grafik auf und bestimmt die Koordinaten der einzelnen ISO-Linien-Segmente. "Nr. des 1. Layer" ist die Layer-Nummer, welche die erste ISO-Linien-Stufe erhält. Sie wird im Dialog "Kataster" Menü **Optionen** festgelegt. Die weiteren ISO-Linien werden fortlaufend numeriert (insgesamt 10 Layer). Anschließend sortiert **EFC-400** die ISO-Linien-Segmente zu Polylinien und speichert diese mit einer Auflösung von 0.001 Metern auf der Festplatte. Dieser Vorgang nimmt insbesondere bei großen Berechnungsfeldern einige Zeit in Anspruch. Es ist darauf zu achten, daß das Raster des Berechnungsfeldes entsprechend fein gewählt wird, da andernfalls Auflösungsfehler in der ISO-Linien-Struktur unvermeidbar sind.

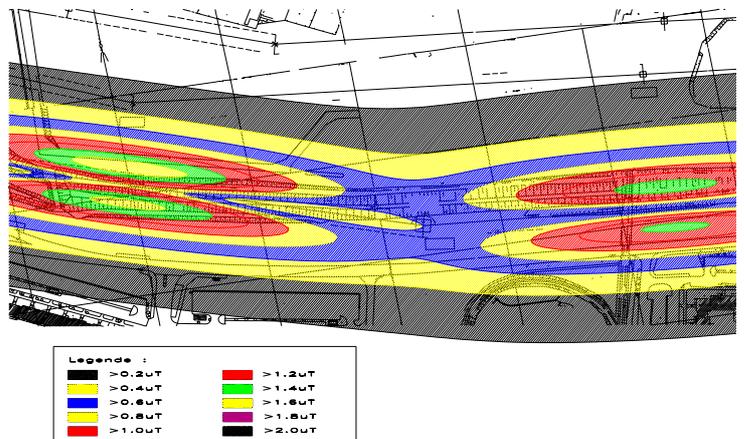


Abb. Trassenabschnitt mit ISO-Linien unter AutoCad™

**Hinweis:** Die Skalierung der ISO-Linien kann im Dialog "Extended" mit der Variablen **Max Daten Skalierung** eingestellt werden.

**EFC-400** benutzt für den Export die Vorlage "EFC-400.DXF" und fügt die Polylinien im DXF-Format ein. "EFC-400.DXF" ist eine leere AutoCad Zeichnung, die bereits vordefinierte Layer (1-10) enthält. Dies gewährleistet, daß den ISO-Linien beim Import in AutoCad™, bereits vordefinierte Farben zugewiesen werden. Falls der Anwender eine andere Farbabstufung wünscht, können die Layer nachträglich geändert werden. Es ist auch möglich, die Datei "EFC-400.DXF" ganz auszutauschen.

**Hinweis:** Die Datei "EFC-400.DXF" muß beim Export vorhanden sein, sonst tritt ein Fehler auf.

**Hinweis:** Daß der Isolinien Export bei großen Berechnungsfeldern einige Minuten in Anspruch nehmen kann, liegt in erster Linie an der Routine, welche die Isolinien Segmente zu Polylinien sortiert. In den meisten Fällen kann jedoch eine Nachbearbeitung der Isolinien vermieden werden. Hierfür wurde der Modus "Isolinien unsortiert" (Optionen | Erweiterte Einstellungen | Export) implementiert, der ein vielfaches schneller ist.

### Hatch-Pattern

Die Funktion exportiert ein horizontales Schraffurmuster, welches den Bereich innerhalb der Isolinien füllt. Der Abstand der Linien entspricht "dy" bzw. "z-shift/y-shift". Die dritte Koordinate der Schraffur liegt in der Berechnungsebene. Transmitter, Leiter und Masten werden grundsätzlich nicht exportiert, auch wenn diese sichtbar sind. Hierfür ist die Funktion **Export Geometrie** zu wählen.

### 2D SOLID

Die Funktion exportiert die Berechnungsdaten als gefüllte rechteckige Flächen (SOLIDS). Die Auflösung kann vom Anwender bestimmt werden. Voreingestellt ist das Berechnungsraster. Wird eine höhere Auflösung gewählt, führt **EFC-400** die gleiche Interpolation der Zwischenwerte durch, wie sonst in der 2D-Grafik. (Betreffend Geometrie-Export siehe **DXF HATCH-PATTERN** Export.)

#### Hinweise:

Im Falle großer Datensätze und hoher Auflösungen kann das Exportfile sehr groß werden. Gegebenenfalls sind die kleineren Dateien der Funktion DXF Hatch-Pattern Export zu bevorzugen.

Unter AutoCad R12.0 sind SOLIDS nur in der Draufsicht gefüllt. In anderen Ansichten erscheint lediglich die Begrenzung der Flächen.

### XYZ Daten Profil

Dieser Export ermöglicht es Querprofile einschließlich Koordinatensystem im DXF-Format zu exportieren. Die Daten befinden sich auf dem Layer DATEN.

### 3D - 2D DXF Format

Standard ist der DXF Export von 3D-Objekten: Freileitungen stehen auf der Zeichenebene (xy-Ebene) und die Isolinien (o.ä.) befinden sich in der **EFC-400** Berechnungsebene. Daß heißt, daß Sie z.B. bei einer Berechnung eines horizontalen Schnittes nur eine farbige Linie sehen, sofern Sie nicht die Ansichtsebene "Draufsicht" ihrer CAD-Anwendung verlassen. Da einige Grafikprogramme zudem keine 3D-Darstellung bieten, können Sie den DXF Export mittels der Variablen

3d DXF Export = an/aus

auf 2D-Objekte reduzieren. Die Exportdaten werden daraufhin von EFC-400 gedreht und in die xy-Ebene projiziert ( $z=0$ ). In vielen Anwendungen ist der Import von 2D-Objekten zusätzlich oftmals erheblich schneller. Verwenden Sie den **2D-Export** immer dann, wenn Sie Daten einfach nur in Text-Dateien etc. einbinden wollen. Verwenden Sie dagegen den **3D-Export**, wenn Sie die **EFC-400** Objekte in dreidimensionaler Ansicht bearbeiten oder darstellen möchten.

### 13.4 4D-Color-Array (TXT)

Der 4D-Color-Array-Export ist auf das Programm Stanford Graphics abgestimmt und wird über den Untermenüpunkt "4D Color Array" im Menü "Datei | Export" aufgerufen. Anschließend wird wie bisher im **Datei Speichern Dialog** der Dateiname angegeben. (Extension \*.TXT ist vorgegeben).

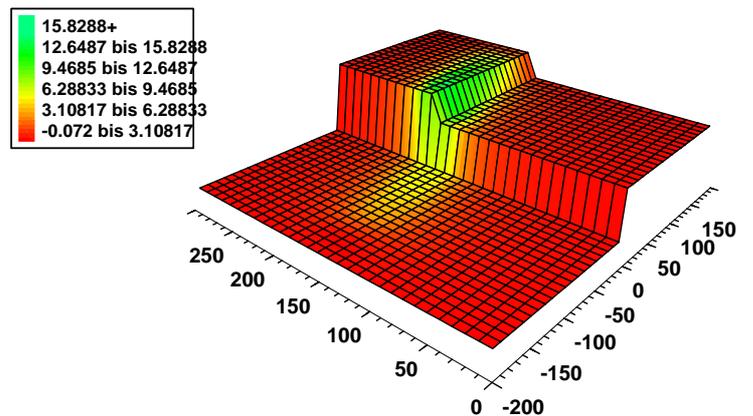


Abb. Oberfläche der Aufpunkte mit Feldstärkewerten in Farbkodierung

In diesem Beispiel wurde ein Mastfeld auf einem einfachen Geländeprofil simuliert. Die dargestellte Oberfläche entspricht dem Raster der Aufpunkte, die einen konstanten Bodenabstand von 1 m aufweisen. Die magnetische Flußdichte ist auf dieser Oberfläche als Farbinformation aufgetragen.

### 13.5 Vektor Export (TXT)

Der Vektor-Export kann über den Untermenüpunkt "**Vektor Array**" Menü "**Datei | Export**" gestartet werden. Die Angabe des Dateinamens erfolgt im **Datei Speichern Dialog**. (Extension \*.TXT ist vorgegeben).

Voraussetzung für den Vektor-Export sind folgende Einstellungen im Dialog "**Technical**" Menü **Optionen**:

**Zeitabhängiges Feld = An**

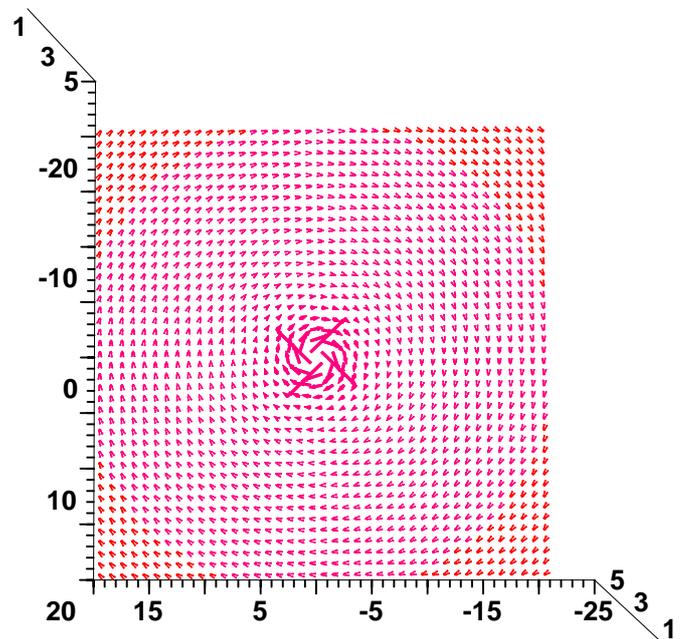


Abb. Vectorplot

Die Abbildung wurde mit Stanford Graphics erzeugt und stellt das magnetische Wirbelfeld eines Leiters dar, der senkrecht auf der Zeichnungsebene steht. Das Raster der Vektoren entspricht dem Berechnungsfeld von **EFC-400**.

## 13.6 BMP-Export

Jedes Grafik-Fenster und das Geo-Fenster können als Bitmap gespeichert werden. Die Farbtiefe der Bitmap richtet sich nach den Einstellungen der Grafikkarte. Eingeschränkt ist nur der 64k-Farben Modus, in dem **EFC-400** kein Speichern von Bitmaps ermöglicht!

## 13.7 WMF-Export

Die **EFC-400** Grafik- und Geo-Fenster können als Windows Metafile (WMF) gesichert werden. Wie beim Befehl "Export Bitmap" wird das jeweils aktive Grafikfenster gespeichert.

**Hinweis:** Verwenden Sie das WMF-Format nicht für die 2D-Ansicht, da die Datei sehr groß wird. Es ist sinnvoller die 2D-Ansicht als Bitmap zu speichern.

## 13.8 Kopieren in die Zwischenablage

Die **EFC-400** Grafikfenster können jederzeit als Bitmap in die Zwischenablage kopiert werden.

Der Befehl **Kopieren in die Zwischenablage** befindet sich im Menü **Datei** Untermenü **EXPORT** und im lokalen Menü (rechte Maustaste über Grafikfenstern). Die Tastenkombination lautet: **<Ctrl + Ins>**.

## 14. Mast und Kabel Bibliothek

### 14.1 Editieren

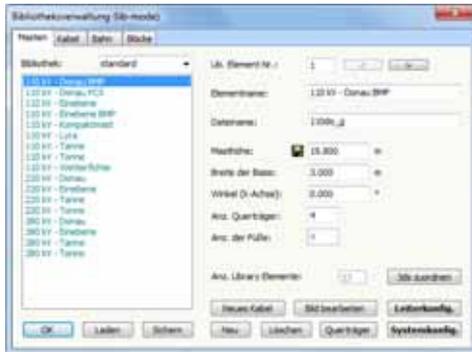


Abb. Bibliotheksverwaltung

Bibliotheken werden generell in der **Bibliotheksverwaltung** verwaltet. Um dorthin zu gelangen, verwenden Sie den Menüpunkt "**Bibliothek**" im Menü **Objekte**.

Voraussetzung ist, daß bereits eine Geometrie geladen wurde.

In der **Bibliotheksverwaltung** stehen grundsätzlich folgende Funktionen zur Verfügung:

- <PgUp>, <PgDn>  
<"-Button  
>"-Button - zwischen den Elementen der Bibliothek wechseln
- OK-Button - Bibliothek verlassen
- Laden-Button - eine Bibliothek laden
- Sichern-Button - Veränderungen einer Bibliothek speichern, bzw. eine Bibliothek unter anderem Namen speichern
- Neu-Button - Anlegen eines neuen Typs
- Löschen-Button - Löschen eines Typs aus der Bibliothek
- Querträger-Button - Querträger bearbeiten
- <TAB> - zwischen den Eingabefeldern wechseln.

Vorgang beim Editieren eines Bibliothekelementes:

Beim Aufruf der **Bibliotheksverwaltung** steht der Focus auf der Bibliothek-Objektliste.

Mit den ">"<"-Button und den Tasten <PgUp>, <PgDn> kann zwischen den Objekten der Bibliothek gewechselt werden. Wenn Sie ein bestimmtes Objekt aus der Liste auswählen wollen, können Sie dieses über den Namen des Objektes und über die Nummer **Lib Element Nr.** identifizieren.

Die Funktion **Löschen** ermöglicht, den aktuell angezeigten Typ aus der Bibliothek zu entfernen.

Titelleiste	
Library	Tower Selection
Liste der Library-Masten	Parameter-Editor
Buttonleiste	

Abb. Bibliotheksverwaltungsschema

Mit der Funktion **Neu** kann ein neuer Typ eingefügt werden. Lesen Sie dazu den Abschnitt **EIGENE TYPEN HINZUFÜGEN**.

Wenn Sie Änderungen in einer Bibliothek vorgenommen haben, ohne diese anschließend zu speichern, sind die Änderungen nur bis zum Ende der aktuellen Arbeitssitzung gültig.

Lesen Sie zum Speichern den Abschnitt **BIBLIOTHEK /SPEICHERN**.

#### Editieren der Parameter:

Ist der gewünschte Typ angewählt, können Sie die Parameter direkt mit dem integrierten **Parameter-Editor** eingeben. Mit den Cursortasten kann zwischen den Parametern gewechselt werden.

Die einzige Einschränkung, die gegenüber der Parameter-eingabe in der **Mastverwaltung** besteht, ist, daß die Lageparameter **Koordinate X, Y und Z** nicht eingegeben werden können (Voreinstellung auf (0,0,0)).

Die einzugebenden Parameter sind:

<b>Elementname</b>	-	Bezeichnung des Typs
<b>Masthöhe</b>	-	Masthöhe
<b>Breite der Basis</b>	-	Breite der Grundfläche
<b>Winkel ( X-Achse )</b>	-	Winkel zur X-Achse
<b>Anz. Querträger</b>	-	Querträgeranzahl (max.12)
<b>Anz. der Füße</b>	-	Anzahl der Füße (Wert ist fest auf 4 eingestellt)
<b>Dateiname</b>	-	Name der *.PCX, *.GEO und *.TOW-Datei

Eine weitere Beschreibung der Parameter befindet sich im Kapitel **DATENEINGABE/MASTEN**.

Der Zugriff auf die integrierten Leiterseile der Bibliotheksmasten erfolgt über die Button "**Systemkonfig**" und "**Leiterkonfig**".



Abb. Systemkonfiguration

## Systemkonfiguration

Von Bedeutung sind die Funktionen:

- Löschen / Neu** - Hinzufügen oder Entfernen von Systemen
- Anz. Teilleiter** - Eingabe der Anzahl der Teilleiter
- Anz. Erdseile** - Eingabe der Anzahl der Erdseile

Wird ein neuer Mast erzeugt, sind folgende Punkte zu beachten:

Die Summe aus Leiter- und Erdseilen beträgt für einen Mast maximal 26. Aufgrund der Maximalanzahl von Leiter- und Erdseilen kann ein Mast maximal 8 Systeme und 2 Erdseile aufnehmen.

Die Anzahl der Erdseile wird im Editierfeld "**Anz. Erdseile**" eingegeben. Wollen sie neue Erdseile hinzufügen, so erhöhen Sie die Anzahl der Erdseile. Erniedrigen Sie die Anzahl, um Erdseile zu löschen.

Die Leiterseile neuer Systeme (oder neue Erdseile) liegen unmittelbar nach Ihrer Erzeugung am Fußpunkt des Masten. Es ist notwendig, diese durch manuelle Eingabe an die gewünschte Position zu befördern.

Die Spezifikation des Leiterseiles kann einerseits über das Querschnittsverhältnis Al/St, oder andererseits über die Eingabe des Radius erfolgen. (Der Radius hat dabei Priorität.)

Bei aktivierter Option <sym.> haben alle 3 Leiter des Systems gleiche Spannung und Strom, andernfalls können die Werte für jeden Leiter verschieden sein.

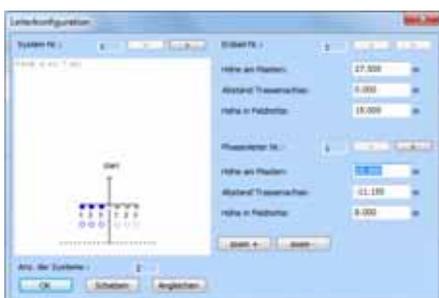


Abb. Leiterkonfiguration

## Leiterkonfiguration

Die **Leiterkonfiguration** in der **Bibliotheksverwaltung** ist bis auf den fehlenden **Angeleichen**-Button mit der **Leiterkonfiguration** in der **Mastverwaltung** identisch. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß im ersteren Bibliotheksmasten und im letzteren vom Anwender definierte Masten der Geometrie bearbeitet werden.

## 14.2 Laden / Speichern

### Laden:

Eine Bibliothek, die in der **Bibliotheksverwaltung** geladen wird, ist in der **Mastverwaltung** (bzw. **Kabel-** oder **Bahnverwaltung**) als aktuelle Bibliothek verfügbar. Wollen Sie Objekte in die Geometrie einfügen, die nicht in der momentan geladenen Bibliothek enthalten sind, können sie eine neue Bibliothek mit der **Bibliotheksverwaltung** laden. Wenn Sie eine neue Bibliothek laden, haben Sie zudem die Möglichkeit, die Bibliothek nicht einfach zu ersetzen, sondern mittels des Button "Add" eine weitere Bibliothek, die auch in einem anderen Verzeichnispfad liegen kann, hinzuzufügen.

Im Folgenden wird der Vorgang zum Laden einer Bibliothek beschrieben:

Wechseln Sie in die **Bibliotheksverwaltung** und betätigen Sie den "**Laden**"-Button. Der daraufhin erscheinende Dialog zeigt eine Liste der derzeit verfügbaren Bibliotheken an. Wählen Sie eine der Bibliotheken aus und drücken Sie den **OK**-Button. Andernfalls können Sie den Ladevorgang mit dem **Abbruch**-Button abbrechen. Nach Abschluß des Ladevorganges befinden Sie sich wieder in der **Bibliotheksverwaltung** und können die geladene Bibliothek editieren.

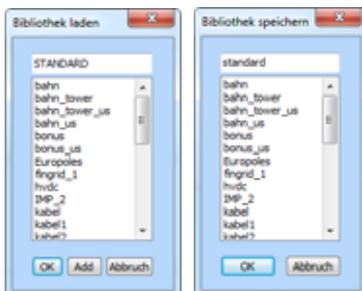


Abb. Laden- und Speichern-Dialog

### Speichern:

Haben Sie die Bibliothek verändert und möchten diese jetzt unter einem eigenen Bibliotheksnamen speichern, dann verwenden Sie den "**Sichern**"-Button.

Beim Aufruf der Funktion "**Sichern**" öffnet sich wiederum ein Dialog, der die bereits vorhandenen **Bibliotheken** anzeigt. Wählen Sie einen Bibliotheksnamen aus, um eine existierende Bibliothek zu überschreiben, oder geben Sie einen neuen Namen ein (Bestätigung mit **OK**-Button).

**Hinweis:** Beim Anlegen einer neuen Bibliothek wird ein Verzeichnis mit gleichem Namen erzeugt. Eine Bibliothek wird gelöscht, indem das komplette Verzeichnis mit dem Explorer entfernt wird.

### 14.3 Eigene Typen hinzufügen



Abb. Bibliotheksverwaltung

Mit der **Bibliotheksverwaltung** können Sie neue Typen in eine Bibliothek aufnehmen.

Eine Bibliothek kann maximal 500 Objekte enthalten. Sind weniger als 500 Objekte in der derzeit geöffneten Bibliothek, kann mit dem **Neu**-Button ein neuer Mast eingefügt werden, oder mit **Neu Kabel** ein neues Kabel.

Erzeugen einer Typvariante:

Falls Sie eine Variante zu einem bereits in der Bibliothek enthaltenen Typen erzeugen möchten, wechseln Sie mit <PgUp>, <PgDn>, den Pfeil-Button oder der Maus zu diesem Objekt und führen die Funktion **Neu** aus. Daraufhin wird ein Duplikat des Typen erzeugt, auf dem sich der Cursor vorher befand.

Der als Duplikat erzeugte neue Typ enthält die Parameter seines Vorgängers.

**Hinweis:** Dem Parameter **Dateiname** wird als Default ein Name zugewiesen, der sich aus dem Schriftzug "Tower" und der aktuellen Position des neu erzeugten Objektes in der Bibliothek (1 .. 500) zusammensetzt.

Wird die Bibliothek mit der Funktion "**Sichern**" gespeichert, werden für den neuen Typen eine Geometriedatei (\*.TOW), eine Geometriedatei mit Leitern und eine PCX-Bilddatei (\*.PCX) oder BMP-Bilddatei (\*.BMP) angelegt. Die neu angelegten Dateien haben den im **Parameter-Editor** unter **Dateiname** angegebenen Dateinamen mit den entsprechenden Extensionen. Um die Dateien später eindeutig zuordnen zu können, sollten Sie vor dem Speichern der Bibliothek dem Parameter **Dateiname** einen sinnvollen Namen zuweisen. Dieser Name ist auch beim Austausch der "**PCX**"-Datei zu beachten.

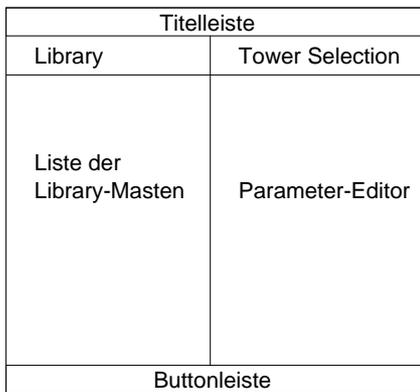


Abb. Bibliotheksverwaltungsschema

Die Abbildung Bibliothekstruktur zeigt die Verzeichnisse, in denen die Typendateien abgelegt werden.

Nachdem der neue Typ erzeugt wurde, startet der **Parameter-Editor** und ermöglicht die Änderung der Parameter. Zuerst steht der Cursor auf dem Feld zur Eingabe des Typennamen. Geben Sie hier die Bezeichnung ein, die der Typ später in der Bibliothek besitzen soll.

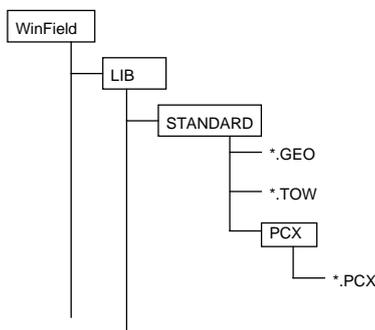


Abb. Bibliothekstruktur

Den weiteren Eingabevorgang entnehmen Sie bitte dem Kapitel **EDITIEREN DER GEOMETRIE / MASTEN**.

#### Erzeugen eines neuen Typen:

Sie möchten einen Typen erzeugen, von dem in der Bibliothek noch keine Variante und keine Abbildung existiert. Verfahren Sie hierbei zunächst wie bei der Erzeugung einer Typvariante. Speichern Sie die Bibliothek anschließend mit der Funktion "**Sichern**". Um dem neuen Typ ein eigenes Bild zuzuordnen, ist es zunächst notwendig, das Prinzip zu verstehen, mit dem **EFC-400** beim Archivieren von Bibliotheken vorgeht:

Für jede Bibliothek wird ein Verzeichnis angelegt, das den gleichen Namen trägt, wie die Bibliothek selbst. In diesem Verzeichnis befinden sich die Dateien **\*.TOW** und **\*.GEO**. Die Typbilder befinden sich in einem weiteren Unterverzeichnis der Bibliothek mit dem Namen **PCX** oder **BMP** (siehe Abb. Bibliothekstruktur).

Wollen Sie ihr eigenes Typbild in die Bibliothek übernehmen, so **doppelklicken** Sie auf das derzeitige Bild oder drücken den Schalter "**Bild bearbeiten**", woraufhin das von Ihnen unter "Erweiterte Optionen | Werkzeuge" angegebene Zeichenprogramm (z.B. WF-Paint) startet. Änderungen werden sofort übernommen. Falls noch kein Bild vorhanden ist, wird eine leere Vorlage geöffnet.

#### Erstellen eines neuen Typbildes:

Besitzen Sie von dem Typen eine Vorlage, so können Sie diese mit einem Scanner einlesen. Liegt der Typ in einem CAD-Programm vor, exportieren Sie ihn als Grafik. Wandeln Sie das als Grafik vorliegende Bild in eine PCX- oder BMP-Datei um. Passen Sie anschließend die Größe der Datei auf 320x340 Pixel an.

Nachdem Sie die BMP-Datei vorbereitet haben, kopieren Sie diese in WF-Paint und schließen das Programm. Das Bild wird dann automatisch in EFC-400 übernommen.

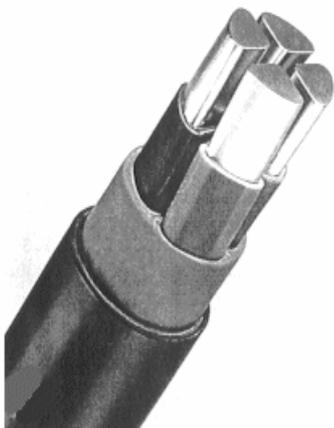
#### Erstellen eines neuen Kabeltypen:

Ein neues Kabel wird mit **Neues Kabel** erzeugt. Der erscheinende Dialog entspricht dem Dialog "Kabel konstruieren" und ermöglicht Ihnen die Angabe der Kabelquerschnitte, woraufhin die Kabelabstände der Leiter von EFC-400 berechnet werden.

Bei der Konstruktion von Kabeln, ist es möglich, die Option "keine PEN Leiter" zu aktivieren. Daraufhin werden nur Phasenleiter erzeugt. Zu beachten ist, daß die Anzahl der Leiter dann immer automatisch ein vielfaches von drei beträgt.

Bei der Erzeugung von Bibliothekskabeln, als auch Verbindungskabeln zwischen Anlagenbauteilen, kann eine Verlegeart mit Kompensation gewählt werden. Aktivieren Sie hierzu bitte den Check-Haken "Kompensation". Falls Sie "Kompensation" nicht gewählt haben, entspricht Ihr Kabel dem worst-case.

NAEKEBA 18/30kV 3\*240RM



## 15. Konfiguration

### 15.1 Laden / Speichern

**EFC-400** speichert beim Verlassen des Programms die vom Anwender eingestellte Konfiguration in der Datei "EFC-400.CFG" ab. Dadurch ist gewährleistet, daß Sie beim Neustart mit derselben Konfiguration weiterarbeiten können.

Möchten Sie die derzeit eingestellte Konfiguration unter einem eigenen Namen speichern, so wählen Sie im Menü **Option** den Menüpunkt "**Konfiguration speichern...**". Der **Datei Speichern Dialog** erwartet jetzt die Eingabe des Dateinamens. Mit Bestätigung durch den **OK**-Button wird die Konfiguration gespeichert und kann anschließend jederzeit geladen werden.

Zum Laden einer Konfiguration wählen Sie im Menü **Option** den Menüpunkt "**Konfiguration laden...**". Der daraufhin erscheinende **Datei Öffnen Dialog** gibt die Liste der bereits abgespeicherten Konfigurationsdateien (\*.CFG) aus. Durch Auswahl mit der Maus und anschließender Bestätigung mit dem **OK**-Button wird die neue Konfiguration geladen.

Konfigurationsdateien sind ASCII-Dateien, die Sie mit einem gebrauchstüblichen Texteditor bearbeiten können. Achten Sie jedoch darauf, daß die Struktur nicht verändert wird. (Keine Leerzeilen einfügen)

**Hinweis:** Sollten Sie aus Versehen die Datei "EFC-400.CFG" gelöscht haben, so wird die Konfigurationsdatei automatisch mit den Standardwerten neu erzeugt.

## 15.2 Automatische Konfiguration

Mit Aktivierung des Menüpunktes "**Automatische Konfiguration**" im Menü **Optionen** legen Sie fest, daß die Konfiguration generell parallel zum Geometriedatenfile abgespeichert und geladen wird.

Dadurch ist es möglich, eine einmal speziell auf das Geometriedatenfile abgestimmte Konfiguration beizubehalten:

- a) Beim Abspeichern der Geometrie wird zusätzlich eine namensgleiche Konfigurationsdatei (\*.CFG) angelegt.
- b) Beim Laden einer Geometrie wird die dazugehörige Konfigurationsdatei automatisch mitgeladen.

Zu beachten ist hierbei, daß das automatische Laden der Konfiguration alle Parameter, mit Ausnahme von "**Automatische Konfiguration**" setzt.

Besondere Bedeutung kommt "**Automatische Konfiguration**" im Batch-Mode zu. Mit der Konfigurationsdatei werden die zum Geometriefile gehörenden Berechnungseinstellungen automatisch gesetzt. Bei der aufeinanderfolgenden Berechnung im Batch-Mode wird so immer die richtige Konfiguration geladen. Dies ist der Grund, weshalb das automatische Laden der Konfiguration keinen Einfluß auf den Parameter "**Automatische Konfiguration**" haben darf. Andernfalls könnte das Laden einer Konfiguration diesen Parameter versehentlich zurücksetzen, so daß zu den folgenden "**GEO**" Dateien keine Konfiguration mehr geladen wird. Dies hätte unter Umständen eine falsche Berechnung zur Folge.

### 15.3 Vorlagen

Beim Erzeugen einer neuen Geometrie können Sie eine Vorlage, ein sog. **Template** auswählen. Zum jetzigen Zeitpunkt haben Sie die Möglichkeit, eine Vorlage für Freileitungen, Kabel, Netzstationen oder Schaltanlagen zu wählen. Alle grundlegenden Einstellungen sind bereits für diesen Konfigurationsfall vordefiniert. Wenn Sie beim Erzeugen einer neuen Geometrie keine Vorlage verwenden wollen, können Sie diese Funktion unter "Optionen | Desktop | Vorlage bei neu" abschalten.

Die neue Funktion "**Neues Projekt**" ruft immer den Template Dialog auf und startet das Project-Info.

#### Speichern eigener Vorlagen

Außerdem haben Sie die Möglichkeit, auch beliebige eigene Vorlagen, die Ihrer jeweiligen Anwenderkonfiguration entsprechen, zu speichern. Wählen Sie hierzu einfach den Menüpunkt "Optionen | Vorlage speichern", und Ihre derzeitige Einstellung wird als neue Vorlage abgelegt. Vorlagen befinden sich im Unterverzeichnis "template".

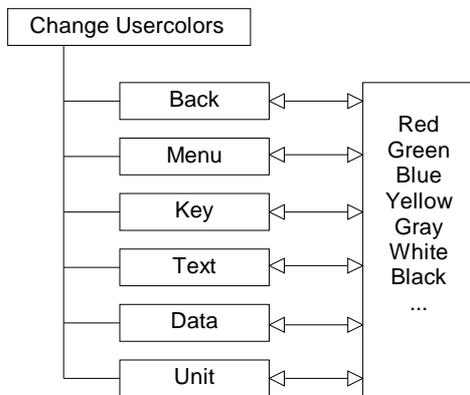


Abb. Farben benutzerdefiniert wechseln

## 15.4 Farbeinstellungen

Mit den Farbeinstellungen können Sie die Bedienoberfläche von **EFC-400** entsprechend Ihren Wünschen anpassen und die Farbabstufung der 2D-Grafik wählen.

Um eine Farbänderung vorzunehmen, wählen Sie im Menü **Optionen** den Menüpunkt "**Farben...**".

Um z.B. die Hintergrundfarbe zu ändern, wählen Sie mit der Maus die Farboption **Back** an und ändern die Farbe entsprechend durch Anwahl einer Farbbox oder durch ändern der RGB-Werte.

Farboption	Hotkey	Erklärung:
Back	B	Hintergrund
Map	M	Kartenfarbe
Hotkey	H	Hotkeyfarbe
Text	T	Textfarbe
Data	D	Daten
Unit	U	Einheiten der Grafik

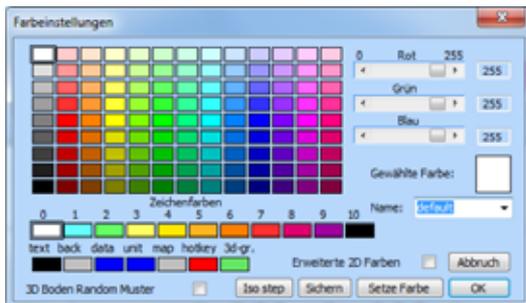


Abb. Farbdialog

Verfahren Sie bei den anderen Farbgrundeinstellungen nach dem gleichen Schema, und verlassen Sie den Dialog mit dem **OK**-Button.

**Hinweis:** Wird die Textfarbe gleich der Hintergrundfarbe gewählt, so sind Texte unter Umständen nicht mehr zu sehen und eine erneute Farbänderung ist dann schwieriger durchzuführen. Im Extremfall beenden Sie **EFC-400** und machen die Farbeinstellung rückgängig, indem Sie die Datei "EFC-400.CFG" löschen.

Die mit den Ziffern 0 bis 10 gekennzeichneten Farbkästchen werden dazu verwendet, die benutzerdefinierten Druckfarben der 2D- und ISO-Linien Grafik einzustellen. (Abb. Color Dialog)

Die mit den Nummern 0-10 gekennzeichneten Bereiche entsprechen den 11 Skalierungsbereichen.

### Farbabstimmung von Hintergrundbildern

Wird ein Farbbild im 256 Farben Modus geladen, versucht **EFC-400** die Farben an seine Farbpalette anzupassen. Da die jeweils von **EFC-400** verwendete Palette Priorität hat (für die Darstellung der Isolinien), treten Farbverfälschungen auf. Die Güte der Angleichung an die Systempalette hängt von der Einstellung der Variablen "**Palette angleichen = AN/AUS**" ab - für eine höhere Qualität muß allerdings ein langsamer Bildaufbau in Kauf genommen werden. Falls es sinnvoll ist Farbbilder zu hinterlegen, sollte dies zur Erfüllung höchster Ansprüche im 64k-Farben-Modus (oder im Echtfarben Modus) geschehen.

### Update der Hintergrundfarben

Wird **EFC-400** unter einer Auflösung von 256 Farben betrieben, führt der Wechsel zu einer anderen "Windows" Anwendung - welche ebenfalls eine 256er Palette benutzt dazu, daß diese Anwendung ihre eigene Palette aktualisiert. Dies hat zur Folge, daß die 2D und Iso-Grafiken von **EFC-400** temporär falsche Farben anzeigen können. Wird **EFC-400** wieder aktiviert, stellt **EFC-400** die ursprünglichen Farben sofort, daß heißt ohne Neuzeichnen, wieder her. Soll **EFC-400** auch im Hintergrund die Farbpalette angleichen, so kann die Option

Palette aktualisieren = An

gesetzt werden (nur im 256-Farben-Modus notwendig!). Die Farben können unter dieser Einstellung immer noch mehr oder weniger von den ursprünglichen Vordergrundfarben abweichen. Grundsätzlich ist die Übereinstimmung jedoch besser. Nachteilig ist, daß die 2D-, Iso- und Konstruktionsgrafikfenster (falls geöffnet) bei der Aktivierung von **EFC-400** neu gezeichnet werden.

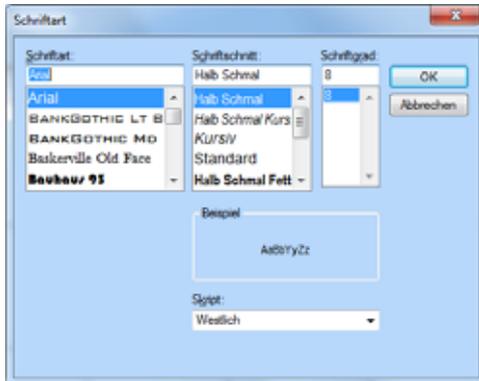


Abb. Dialog Zeichensätze

## 15.5 Schriftarten

Für das Geo- und die Grafikenfenster kann die Schriftart frei eingestellt werden. Die Größe der Schriftarten kann nicht beeinflusst werden. Im Menü **Optionen** Menüpunkt "**Schriftart**" wird der Dialog aktiviert.

Zur Anzeige der anderen Fenster greift **EFC-400** auf den Font "Arial" zurück. Sollten Sie diesen aus Ihrer "Windows" Umgebung entfernt haben, so müssen Sie diese Schriftart erneut installieren.

## 16. Optionen

### 16.1 Standard

Das **Standard**-Register bietet grundlegende Optionen zur Steuerung der Bildschirmgrafik und der Druckausgabe:

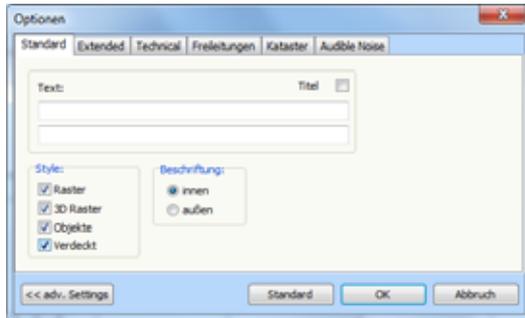


Abb. Standard Dialog

<b>Raster</b>	Feinskalierungs raster (an/aus)
<b>3D Raster</b>	3D-Gitternetz (an/aus)
<b>Objekte</b>	Objektanzeige (an/aus)
<b>Verdeckt (an/aus)</b>	verdeckte Linien in 3D-Grafik
<b>Titel</b>	Bildtitel (an/aus)

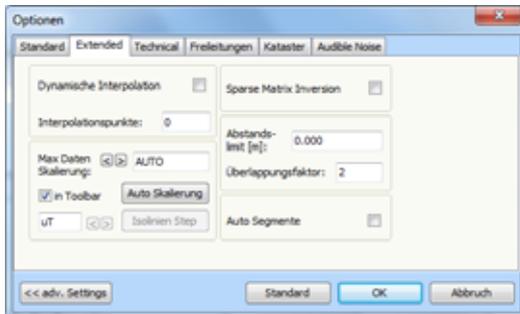


Abb. Extended Dialog

## 16.2 Extended

Das **Extended** Register stellt Funktionen für die Erhöhung der Rechenleistung zur Verfügung:

<b>Interpolationspunkte</b>	Anzahl der Interpolationspunkte
<b>Dynamische Interpolation</b>	Dynamisches Interpolationsverfahren
<b>Auto Segmente</b>	Auto Segmentierung für E-Feld
<b>Sparse Matrix Inversion</b>	Invertieren einer 'Sparse' Matrix
<b>Abstandslimit</b>	Abstandslimit für Wechselwirkung
<b>Überlappungsfaktor</b>	lokaler Sicherheitsfaktor für Abstandslimit 2 bis 10
<b>Max Daten Skalierung/ Auto Skalierung</b>	Daten-Skalierung und Wahl der Einheit

**Hinweis:** Ist **Auto Skalierung** deaktiviert, kann eine Einheitenfestlegung vorgenommen werden. Die Einheiten gelten für die Darstellung und den Export von Berechnungsdaten. Die Einheiten werden mit der Geometrie gesichert, so daß diese beim erneuten Laden erhalten bleiben.

## 16.3 Technical

Das **Technical** Register stellt Funktionen für Anwendungen im technisch/wissenschaftlichen Bereich zur Verfügung. Zusätzlich zu den Effektivwerten können die Momentanwerte der Feldstärke zu einem vorgegebenen Zeitpunkt berechnet werden.

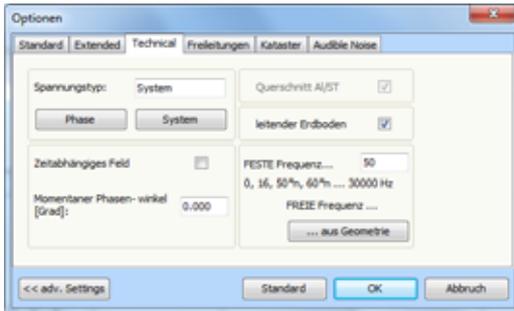


Abb. Technical Dialog

**Technical** bietet die Einstellmöglichkeiten:

<b>Spannungstyp</b>	Phasen- oder Systemspannung
<b>Zeitabhängiges Feld</b>	Momentanwerte der Feldstärken
<b>Momentaner Phasenwinkel</b>	Phasenwinkel der Berechnung wenn zeitabhängiges Feld aktiviert ist
<b>Querschnitt AL/ST</b>	Wahlweise Eingabe der Querschnittsverhältnisse oder der Radien der Seile
<b>Leitender Erdboden</b>	Leitfähiger Erdboden (an/aus)
<b>Feste Frequenz.../ Freie Frequenz</b>	Wahl von festen Frequenzen: 0, 16 2/3, 50, 60, 300, 400 Hz für alle Leiter oder freie Frequenz individuell für jeden Leiter



Abb. Freileitungsdialog

## 16.4 Freileitungen

Das **Freileitungs**-Register bietet Funktionen zur komfortablen Behandlung von Hochspannungsleitungen:

<b>Spannungstyp</b>	Phasen- oder Systemspannung
<b>Segmente je Mast</b>	Automatische oder feste Segmentierung der Masten
<b>Querschnitt AL/ST</b>	Wahlweise Eingabe der Querschnittsverhältnisse oder der Radien der Seile
<b>Berechne in Mastfläche</b>	Fläche unter dem Mast berechnen (an/aus)
<b>Extended Geometrie Format</b>	Wahl zwischen <b>Leiter Editor</b> und <b>Trassen Editor</b> (nur NF)
<b>Tower to Earth Resistance</b>	Übergangswiderstand zwischen Masten und Boden
<b>No Segments for straight Objects</b>	Verhindert die Segmentierung gerader Leiter bei der E- und dB(A) Berechnung zur Beschleunigung

## 16.5 Kataster

Das **Kataster**-Register unterstützt Optionen zur Verarbeitung von Bodenprofilen und verfügt über einen ISO-Linien Export:

- Laden von Bodenprofilen

Geometriedaten und Bodenprofile können in absoluten oder relativen Koordinaten verknüpft werden.

- Import von DXF Dateien

Laden topographischer Hintergrundkarten im DXF-Format.

- ISO-Linien

**EFC-400** berechnet ISO-Linien und verbindet diese mit AutoCad™ Zeichnungsvorlagen im DXF-Format. Die ISO-Linien werden zu Polylinien eines Layers zusammengefaßt, um die anschließende Weiterverarbeitung zu vereinfachen.

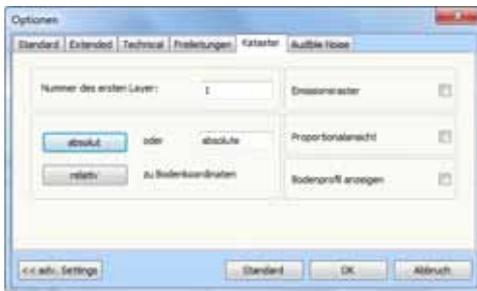


Abb. Kataster Dialog

Der **Dialog Kataster** bietet die Einstellmöglichkeiten:

<b>Nummer des ersten Layers</b>	Angabe des ersten Layers für den ISO-Linien Export
<b>Geometrie Koordinaten absolut / relativ zu Bodenkoordinaten</b>	Geometrie Koordinaten absolut oder relativ zum Bodenprofil
<b>Emissionsraster</b>	Definition des Berechnungsfeldes als kartesisches Raster
<b>Proportionalansicht</b>	Anzeige des Berechnungsfeldes mit gleichem X/Y Maßstab
<b>Bodenprofil anzeigen</b>	Darstellung des Bodenprofils (an/aus)

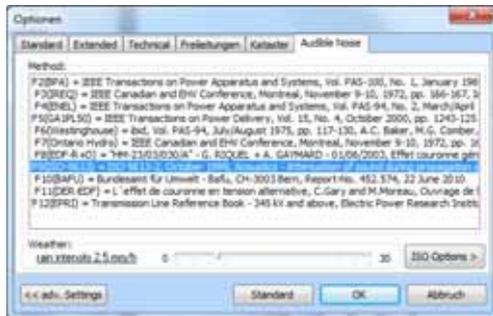


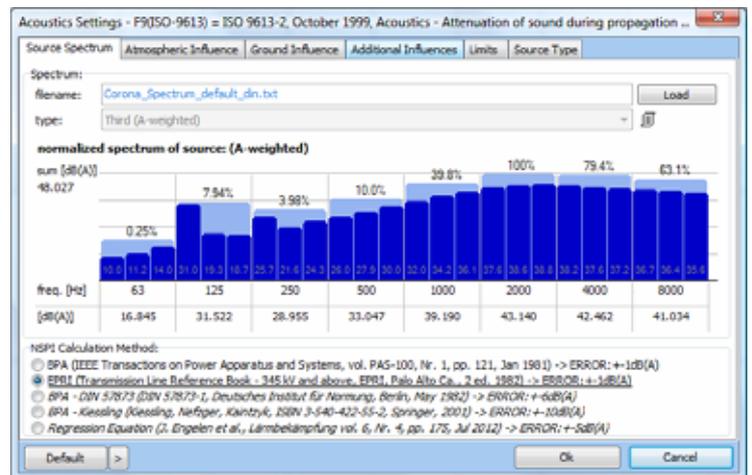
Abb. Audible Noise Dialog

## 16.6 Audible Noise

Das **Audible Noise** Register ermöglicht die Auswahl eines Verfahrens für die Berechnung der Geräuschemissionen von Freileitungen oder Umspannwerken. Die Beschreibung der Verfahren kann in der Literatur eingesehen werden.

Zusätzlich ist die Angabe der Wetterbedingungen möglich.

Über den Schalter 'ISO Options >' erscheint ein Dialog zur Konfiguration der akustischen Einstellungen im Detail.



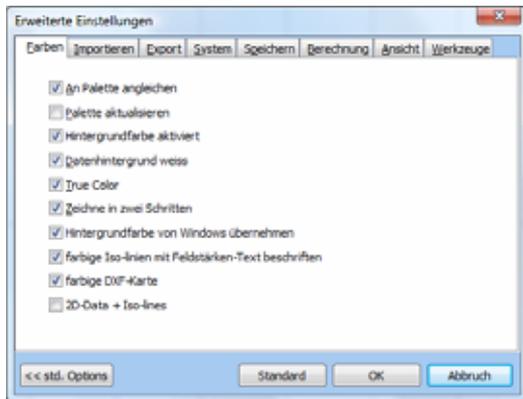


Abb. Farben Dialog

## 16.7 Farben

Das **Farben** Register stellt Funktionen zur Darstellung von Ergebnissen und Hintergrundkarten zur Verfügung.

### **An Palette angleichen -**

Bei 256 Systemfarben werden Farben an die Palette angeglichen (default=ON)

### **Palette aktualisieren -**

Bei Änderung der Farbpalette unter 256 Systemfarben wird neu gezeichnet (default=ON)

### **Hintergrundfarbe aktiviert -**

Die Hintergrundfarbe der Fenster kann manuell eingestellt werden (default=ON)

### **Datenhintergrund weiß -**

Der Datenbereich wird weiß hinterlegt (default=ON)

### **True Color -**

Schaltet unbegrenzte System Farbstufen ein (default=ON)

### **Zeichne in zwei Schritten -**

Beschleunigt den Bildaufbau durch zwei Stufen

### **Hintergrundfarbe von Windows übernehmen -**

Übernimmt für das Konstruktions- und 2D-Fenster die vom Betriebssystem festgelegte Hintergrundfarbe

### **Farbige Isolinien mit Feldstärken-Text beschriften -**

Fügt in der 2D- und Iso-Ansicht den Isolinien ihren jeweiligen Wert hinzu

### **Farbige DXF-Karte -**

Eingelesene DXF-Hintergrundkarten werden in Farbe anstatt in Grau dargestellt

### **2D-Data + Iso-Lines -**

Zeichnet eine graue Trennlinie zwischen 2D-Farbstufen

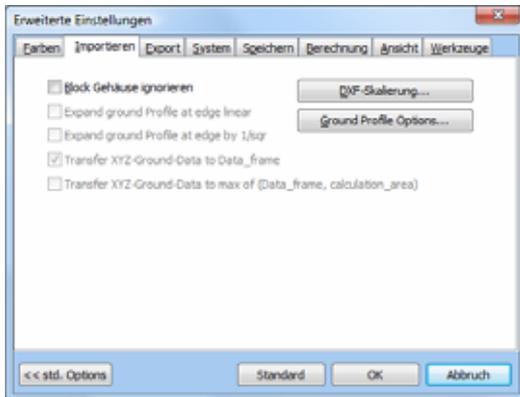


Abb. Importieren Dialog

## 16.8 Importieren

Das **Importieren** Register bietet Einstellungsmöglichkeiten bezüglich des Imports von Geometrien und Bodenprofilen.

### **Block Gehäuse Ignorieren -**

Beim Import von Blöcken werden Gehäuse und Gebäude ignoriert (default=OFF)

### **DXF-Skalierung -**

Angabe der Zeicheneinheit (d.h. des Maßstabes) der dxf-Karte zur Größenanpassung (default=1:1)

### **Ground Profile Options -**

Optionen zu Import und Darstellung von Bodenprofilen

Die grau dargestellten Zeilen dienen lediglich der Anzeige und können nicht bedient werden. Die Auswahl der entsprechenden Einstellungen kann über den Dialog **Ground Profile Options** vorgenommen werden

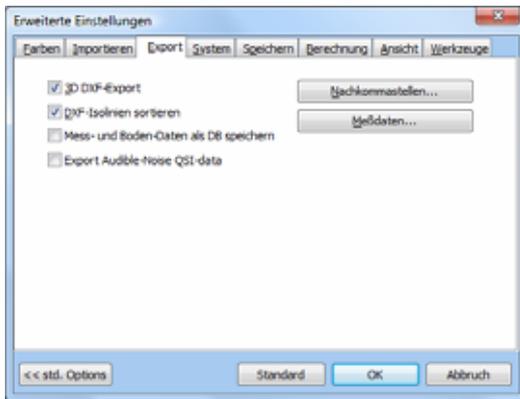


Abb. Export Dialog

## 16.9 Export

Das **Export** Register ermöglicht Einstellungen bezüglich des Exports von Daten in bestimmte Dateiformate.

### 3D DXF-Export -

DXF Daten als 2D oder 3D exportieren (default=ON)

### DXF-Isolinien sortieren -

Isolinien sortieren bestimmt die Zeichenreihenfolge in anderen Programmen (default=ON)

### Mess- und Bodendaten als DB speichern -

Abfrage ob Daten gespeichert werden sollen (default=OFF)

### Export Audible-Noise QSI-Data -

Nach der Schallpegelberechnung die Export-Schnittstelle für den QSI-Daten Export aufrufen

### Nachkommastellen -

Anzahl der Nachkommastellen, die beim Export im dxf, txt und ASCII Format verwendet werden

### Messdaten -

Hier können Einstellungen zur Messdatendarstellung sowohl in WinField als auch für den Export vorgenommen werden

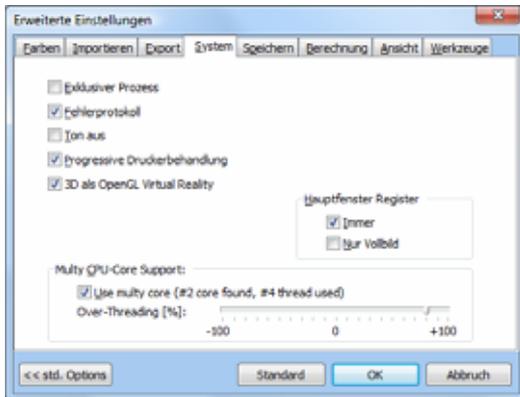


Abb. System Dialog

## 16.10 System

Das Register **System** bietet Möglichkeiten, Systemparameter mit Einfluss auf Berechnungen und Hardwarenutzung zu variieren.

### Exklusiver Prozess -

Gibt keine Systemzeiten für andere Programme frei (default=OFF)

### Fehlerprotokoll -

Erstellt ein Fehlerprotokoll in Form einer error.log Datei im Arbeitsverzeichnis

### Ton aus -

Deaktiviert systeminterne Warntöne

### Progressive Druckerbehandlung -

Drucken hat höchste Priorität (default=ON)

### 3D als OpenGL Virtual Reality -

Im 3D-Fenster wird die Geometrie in einer Virtual Reality dargestellt. Alternativ erhält man nach der Berechnung ein dreidimensionales Diagramm.

### Hauptfenster Register -

Legt fest, wann das Register zu sehen ist, das anzeigt, welche Fenster im Programm geöffnet sind

### Multy CPU-Core Support -

Aktiviert oder deaktiviert die Verwendung von Mehrkernprozessoren. Gleichzeitig kann gewählt werden, wie viele Berechnungsprozesse durchgeführt werden sollen.

## 16.11 Speichern

Das **Speichern** Register bietet Funktionen, die das Sichern von Daten betreffen.

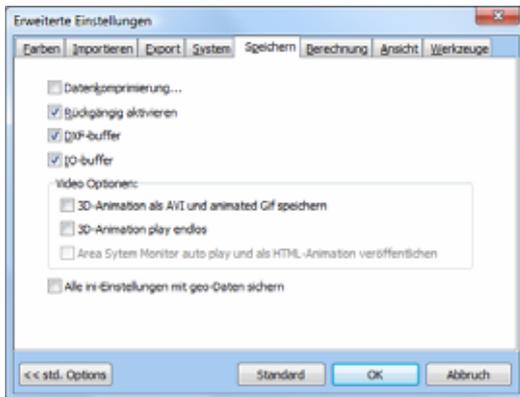


Abb. Speichern Dialog

### Datenkomprimierung -

Berechnungsdaten werden komprimiert (default=OFF)

### Rückgängig aktivieren -

Legt fest ob durchgeführte Konstruktionsschritte rückgängig gemacht werden können

### DXF-buffer -

Beschleunigung durch puffern der Zeichnung (default=ON)

### IO-buffer -

Beschleunigung durch gepufferte Daten (default=ON)

### 3D-Animation als AVI und animated Gif speichern -

Speichert bei Wiedergabe des Videos im 3D-Fenster automatisch eine AVI- oder animated Gif-Datei ab

### 3D-Animation play endlos -

Animationen werden im 3D-Fenster solange wiederholt, bis die Wiedergabe abgebrochen wird

### Alle ini-Einstellungen mit geo-Daten sichern -

Es wird eine ini-Datei mit allen Einstellungen im gleichen Ordner wie die geo-Datei abgespeichert

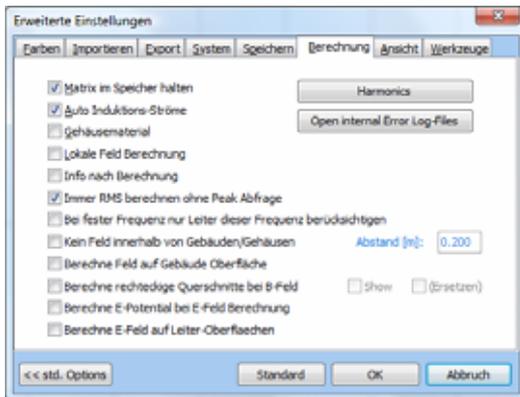


Abb. Berechnung Dialog

## 16.12 Berechnung

Im Register **Berechnung** können verschiedene Parameter, die die Berechnungsmethode verändern, variiert werden.

### Matrix im Speicher halten -

Die Matrix wird zur Zeitersparnis im Speicher bearbeitet, anstatt auf die Festplatte ausgelagert zu werden

### Auto Induktionsströme -

Berechnet Induktionsströme mit Berücksichtigung aller Leiter

### Gehäusematerial -

Berechnet Induktionsströme für Gehäuse mit Materialstärke

### Lokale Feld Berechnung -

Falls möglich wird das Feld nur lokal neu berechnet

### Info nach Berechnung -

Blendet nach der Berechnung ein Fenster ein, das Informationen wie z.B. die Berechnungsdauer enthält

### Immer RMS berechnen ohne Peak Abfrage -

Es wird immer der RMS-Wert berechnet, ohne dass vor jeder Berechnung eine Abfrage erscheint

### Bei fester Frequenz nur Leiter dieser Frequenz berücksichtigen -

Berücksichtigt bei der Berechnung nur Leiter, welche die in den Standard Optionen vorgegebene Frequenz aufweisen

### Kein Feld innerhalb von Gebäuden/Gehäusen -

Blendet das Magnetfeld innerhalb von Gebäuden und im festgelegten Abstand um Gebäude herum aus

### Berechne Feld auf Gebäude Oberfläche -

Berechnungsfläche verläuft an Gebäudekonturen angepasst anstatt die Gebäude zu schneiden

### Berechne rechteckige Querschnitte bei B-Feld -

Sind bei Leitern rechteckige anstatt runde Querschnitte eingestellt, wird dies bei der B-Feldberechnung berücksichtigt

### Berechne E-Potential bei E-Feld Berechnung -

Zeigt das Potential anstelle des E-Feldes an

### Berechne E-Feld auf Leiter Oberflächen -

Berechnet zusätzlich die Randfeldstärken. Die Ausgabe findet in der Datei noise.log im Arbeitsverzeichnis statt.

### Harmonics -

Öffnet den Dialog, in dem Berechnungseinstellungen zu den Oberwellenanteilen vorgenommen werden können

### Open internal Error Log-Files -

Zeigt die log-Dateien aus dem Arbeitsverzeichnis an

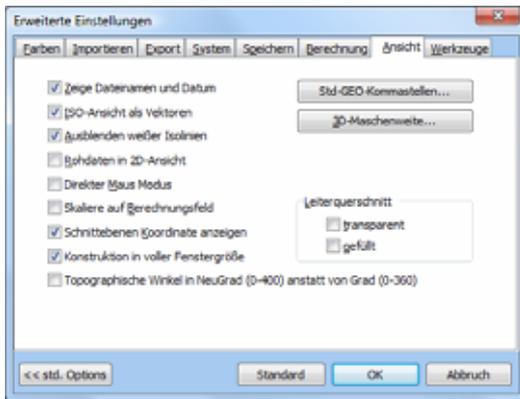


Abb. Ansicht Dialog

## 16.13 Ansicht

Mit Hilfe des Registers **Ansicht** kann die Darstellung des Konstruktions- und der Datenfenster angepasst werden.

### Zeige Dateinamen und Datum -

Blendet den aktuellen Dateinamen, Datum und Uhrzeit im Konstruktionsfenster und in der Ergebnispräsentation ein

### ISO-Ansicht als Vektoren -

Zeichnet Iso-Linien als Vektoren anstelle von Pixeln

### Ausblenden weißer Isolinien -

Blendet Isolinien/Flächen, deren Farben in der Farbskala weiß eingestellt sind in der Ergebnisdarstellung aus. Dies sollte aktiviert werden, wenn eine Hintergrundkarte geladen ist.

### Rohdaten in 2D-Ansicht -

Schnelle direkte Ergebnisanzeige der berechneten Rasterpunkte, ohne diese linear zu verbinden

### Direkter Maus Modus -

Lässt die Eingabe von Objekten ausschließlich mit der Maus und nicht über Koordinaten zu

### Skaliere auf Berechnungsfeld -

Öffnet Konstruktions-, Iso- und 2D-Fenster in Größe des Berechnungsfeldes, falls die Option ‚Standard Desktop‘ aus ist

### Schnittebenen Koordinate anzeigen -

Im 2D- und Isolinien-Fenster wird unten die Schnittkoordinate sowie der verwendete Frequenz Modus angezeigt

### Konstruktion in voller Fenstergröße -

Entfernt den Rand um das Konstruktionsfenster, sodass ein größerer Ausschnitt der Geometrie bearbeitet werden kann

### Topographische Winkel in NeuGrad (0-400) anstatt Grad (0-360) -

Winkleingabe von 0-360 oder 0-400 Grad aktivieren

### Leiterquerschnitt -

Legt fest, ob der Querschnitt von Leitern dargestellt werden soll, als transparent oder ausgefüllt

### Std-GEO-Kommastellen -

Bestimmt die Anzahl der Nachkommastellen, mit welcher die Daten im Geometriefenster angezeigt werden

### 3D-Maschenweite -

Legt das Raster in der gedrehten 2D-Darstellung fest

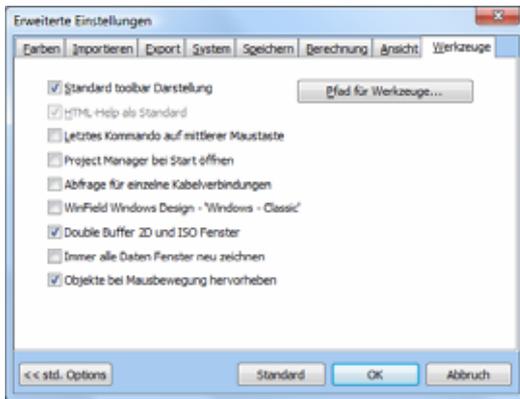


Abb Werkzeuge Dialog

## 16.14 Werkzeuge

Das **Werkzeuge** Register beinhaltet Einstellungsmöglichkeiten zur Verwaltung von Zusatztools.

**Standard Toolbar Darstellung -**  
Standard ist horizontal (default=ON)

**HTML-Help als Standard -**  
Verwendet die Windows Standard Hilfe (default=ON)

**Letztes Kommando auf mittlerer Maustaste -**  
Wiederholt bei Klick auf die mittlere Maustaste (bzw. das Mausrad) den Befehl, der zuvor durchgeführt wurde

**Project Manager bei Start öffnen -**  
Öffnet bei Programmstart den Project-Manager

**Abfrage für einzelne Kabelverbindungen -**  
Verbindet Kabel nicht gesamt sondern einzeln (default=OFF)

**WinField Windows Design – ‚Windows – Classic‘ -**  
Schaltet Windows 2000 Design ein (default=OFF)

**Double Buffer 2D und ISO Fenster -**  
Das 2D- und das Isolinien-Fenster werden doppelt gepuffert, was die Zeichengeschwindigkeit erhöht

**Immer alle Datenfenster neu zeichnen -**  
Zeichnet alle Datenfenster (2D-Fenster, Statistikfenster, etc.) neu wenn eins der Fenster aktualisiert wird

**Objekte bei Mausbewegung hervorheben -**  
Hebt Objekte hervor wenn der Mauszeiger auf diese zeigt

## 17. Fallstudien

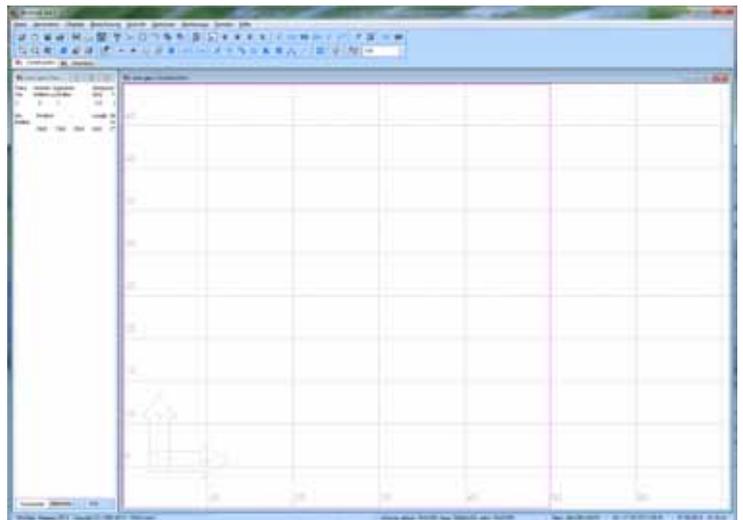
### 17.1 Sendeanlagen

In diesem Beispiel betrachten wir Sendeanlagen mit unterschiedlicher Charakteristik und berechnen die Feldstärken.

#### Schritt 1:

Führen Sie den Menübefehl **NEU**  aus und selektieren Sie die Vorlage "**Transmitter**". Das Template "**Transmitter**" enthält bereits die wichtigsten Grundeinstellungen.

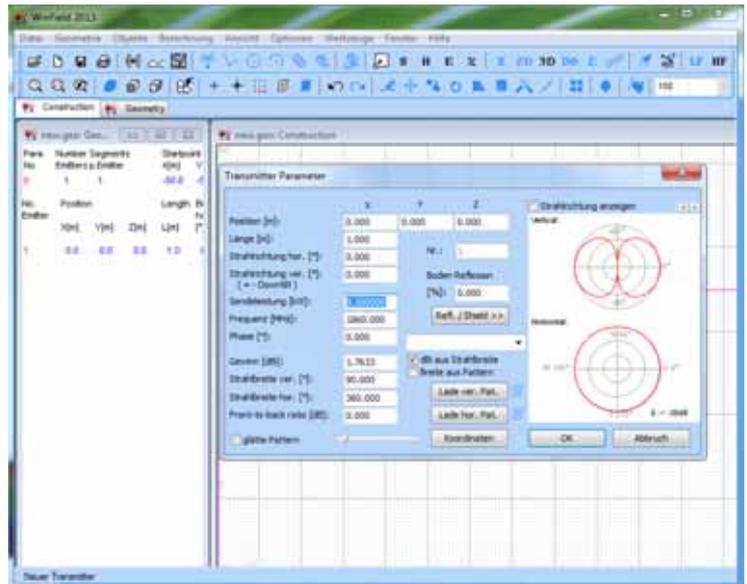
Auf dem Bildschirm erscheint das leere **Konstruktionsfenster** mit aktiviertem Fangraster (siehe Statuszeile: Befehle **F3-F9**) und das **Geometriefenster**, welches noch keinen Sendereintrag enthält:



**Schritt 2:**

Klicken Sie auf den Button  um Aktionen ausschließlich per Maus auszuführen, d.h. ohne Koordinatenabfrage. Durch

Klick auf den Button  erzeugen Sie einen neuen Sender (siehe Statuszeile), dessen Kenndaten Sie im erscheinenden Dialog eingeben können:

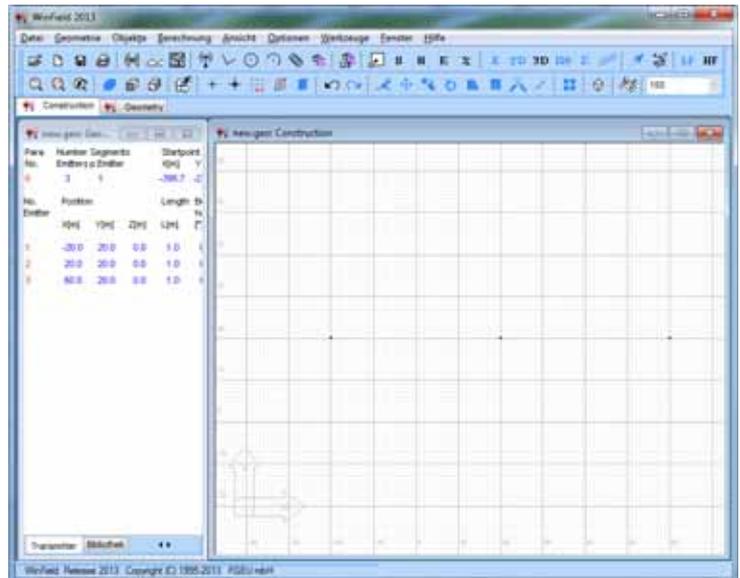


Bestätigen Sie den Dialog mit **OK** und ziehen Sie die Maus an den gewünschten Standort im **Konstruktionsfenster**. Um den Sender zu positionieren klicken Sie mit der linken Maustaste (rechts bedeutet Abbruch).

### Schritt 3:

Nachdem bereits drei weitere Sender eingegeben wurden erscheinen diese, wie unten dargestellt, im **Konstruktionsfenster**. Für den zweiten und dritten Sender wurde eine **horizontale Strahlbreite** von 60 Grad festgelegt. Beim dritten Sender setzen Sie das **Front-to-Back Ratio** auf 20 dB und geben als **horizontale Strahlrichtung** 30 Grad ein.

Sie können die Eigenschaften der Sender jederzeit nachträglich editieren indem Sie mit der rechten Maustaste auf diese klicken. Alternativ besteht die Möglichkeit einen oder auch mehrere Sender zu markieren (linke Maustaste oder Aufziehen eines Rahmens) und den Befehl **Editieren** aus dem **Kontext-Menü** (rechte Maustaste auf die freie Fläche) auszuführen oder auf den Button  zu klicken.

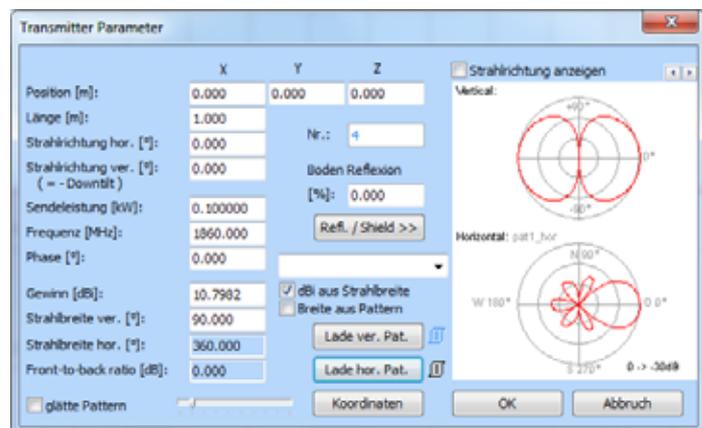


**Hinweis:** Wenn Sie Objekte **verschieben**, **kopieren**, etc. möchten, müssen Sie diese markieren bevor Sie den entsprechenden Befehl ausführen können. Während des Verschiebens wird die Maustaste nicht gedrückt gehalten, sondern es werden ein beliebiger Start- (1. Klick) und ein Endpunkt (2. Klick) der Verschiebung gesetzt. Die Bedienung ist an AutoCad angelehnt.

#### Schritt 4:

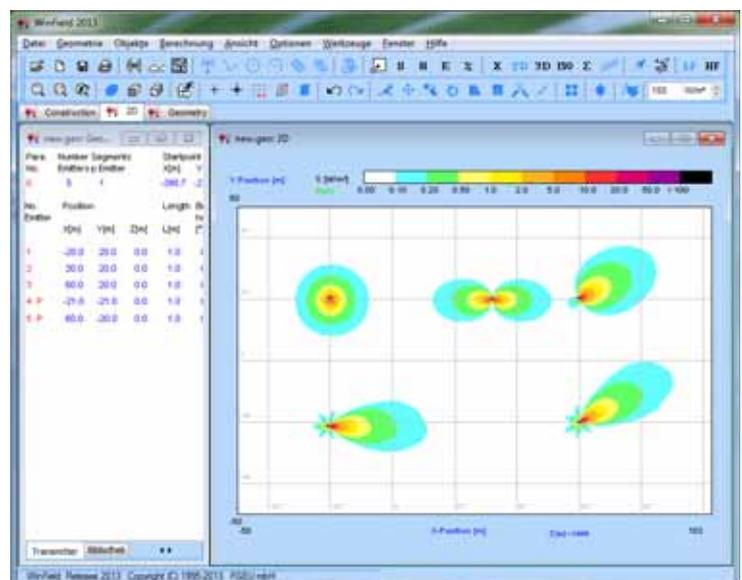
Beim vierten und fünften Sender den Sie wie beschrieben einfügen, laden Sie mittels des Button **Lade hor. Pat.** das horizontale Richtstrahldiagramm "pat1\_hor.pat". Für den fünften Sender setzen Sie zusätzlich die **horizontale Strahlrichtung** auf 30 Grad.

Eine \*.PAT Datei ist eine ASCII Tabelle die Winkel und dB-Werte enthält. Die \*.MSI Dateien sind ein Standard Format welches die horizontale und vertikale Charakteristik sowie weitere Kenndaten der Antenne enthält.



#### Schritt 5:

Zur Berechnung der **Leistungsflußdichte** der konstruierten Konfiguration klicken Sie auf den Button **S**. Sie erhalten die folgende Darstellung, wobei Sie Farben und Isolinien Stufen im **Optionen Menü** einstellen können.



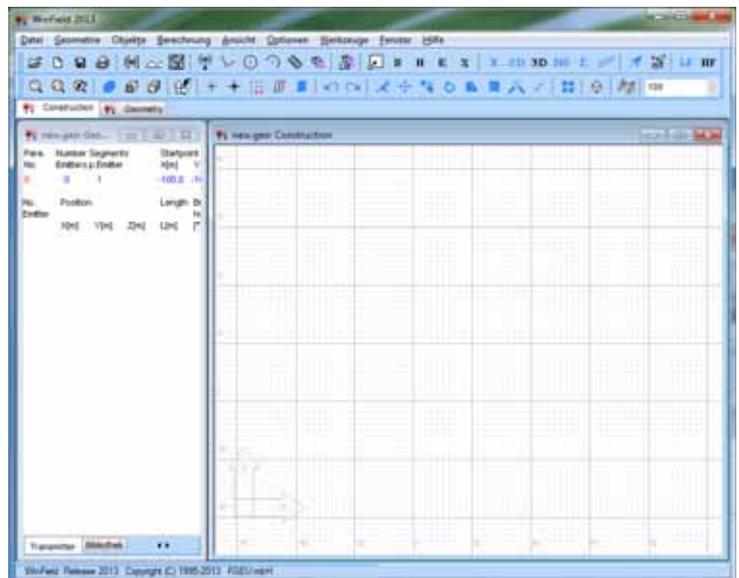
## 17.2 Richtstrahler

In diesem Beispiel wird ein Richtstrahler mit Einfluß des Erdbodens berechnet.

### Schritt 1:

Führen Sie den Menübefehl **NEU**  aus und selektieren Sie die Vorlage "**Emitter**". Das Template "**Emitter**" enthält bereits die wichtigsten Grundeinstellungen.

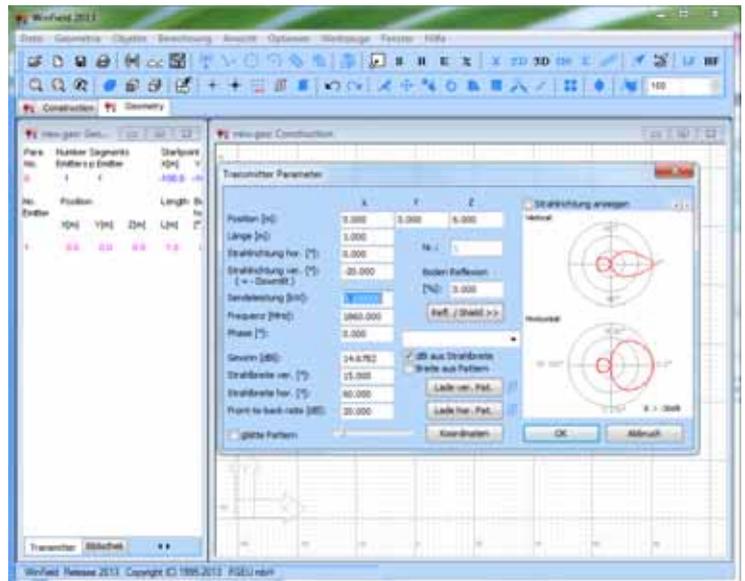
Auf dem Bildschirm erscheint das leere **Konstruktionsfenster** mit aktiviertem Fangraster (siehe Statuszeile: Befehle **F3-F9**) und das **Geometriefenster**, welches noch keinen Sendereintrag enthält:



**Schritt 2:**

Klicken Sie auf den Button  um Aktionen ausschließlich per Maus auszuführen, d.h. ohne Koordinatenabfrage. Durch

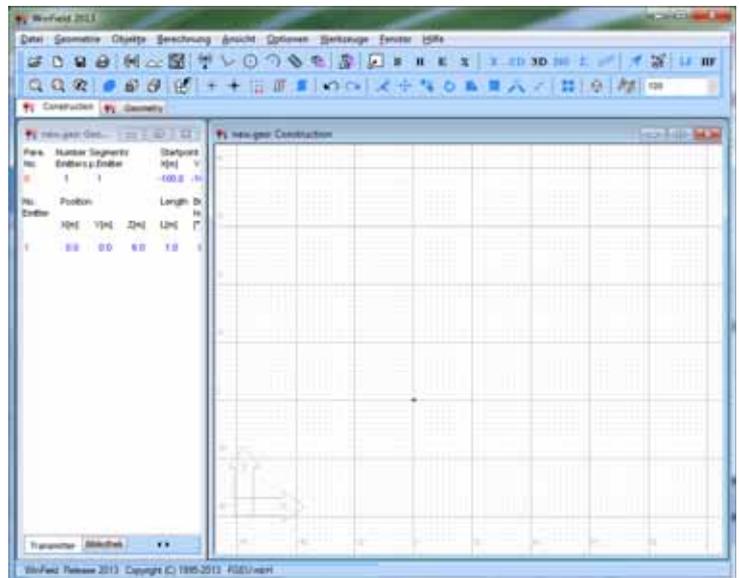
Klick auf den Button  erzeugen Sie einen neuen Sender (siehe Statuszeile), dessen Kenndaten Sie im erscheinenden Dialog, wie unten dargestellt, eingeben. Das aus den Kenndaten berechnete Richtstrahldiagramm wird gleichzeitig angezeigt. Überprüfen Sie dieses im Hinblick auf Ihre Eingaben.



Bestätigen Sie den Dialog mit **OK** und ziehen Sie die Maus an den Standort (0,0,0) im **Konstruktionsfenster**. Um den Sender zu positionieren klicken Sie mit der linken Maustaste (rechts bedeutet Abbruch).

**Schritt 3:**

Sie erhalten die folgende Ansicht:

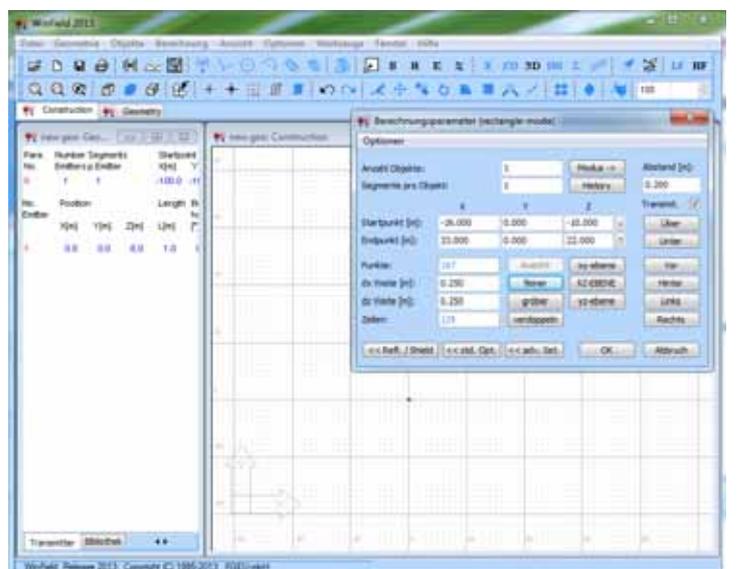


Klicken Sie auf den Button  um in die Seitenansicht zu wechseln.

**Schritt 4:**

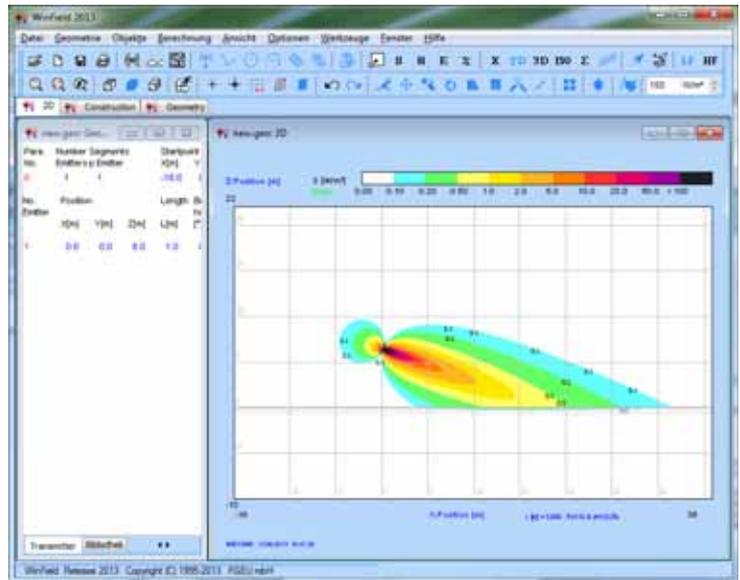
In der Seitenansicht vergrößern Sie das Berechnungsfeld (mit rosa Rahmen gekennzeichnet) indem Sie durch Klick auf den

Button  den Dialog zum Einstellen der **Berechnungsparameter** aufrufen und 3 mal auf den Button "**verdoppeln**" klicken. Setzen Sie den X-Endpunkt auf 33 m und klicken Sie 2 mal auf den Button "**feiner**" um das Berechnungsraster auf 0.25 m einzustellen:

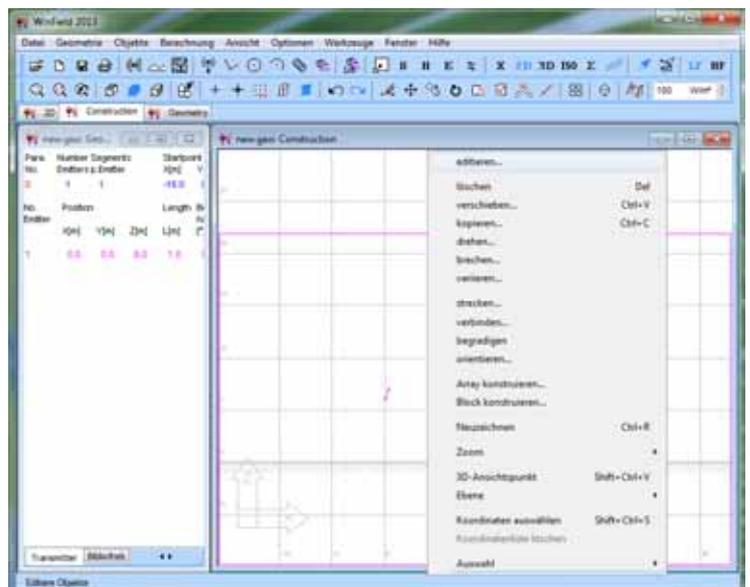


**Schritt 5:**

Zur Berechnung der **Leistungsflußdichte** klicken Sie auf den Button **S**. Sie erhalten die folgende Darstellung:

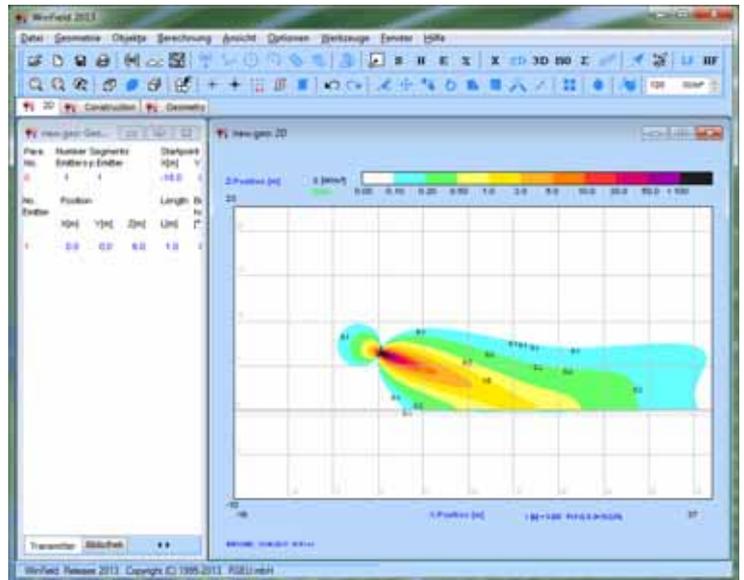
**Schritt 6:**

Um den Einfluß des Erdbodens zu berücksichtigen wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster**, markieren den Strahler durch Aufziehen eines Rahmens und klicken mit der rechten Maustaste in den freien Bereich, um das **Kontext-Menü** aufzurufen und den Befehl **Editieren** auszuführen. Der **Transmitter Parameter** Dialog erscheint, in dem Sie als **Boden Reflexion 50%** eintragen.



**Schritt 7:**

Zur erneuten Berechnung der **Leistungsflußdichte** klicken Sie auf den Button **S**. Sie erhalten folgende Darstellung:

**Schritt 8:**

Editieren Sie erneut den Strahler wie bereits beschrieben und laden Sie mittels des Button **Lade ver. Pat.** das vertikale Richtstrahlendiagramm "**pat1\_ver.pat**".

Eine \*.PAT Datei ist eine ASCII Tabelle die Winkel und dB-Werte enthält. Die \*.MSI Dateien sind ein Standard Format welches die horizontale und vertikale Charakteristik sowie weitere Kenndaten der Antenne enthält.

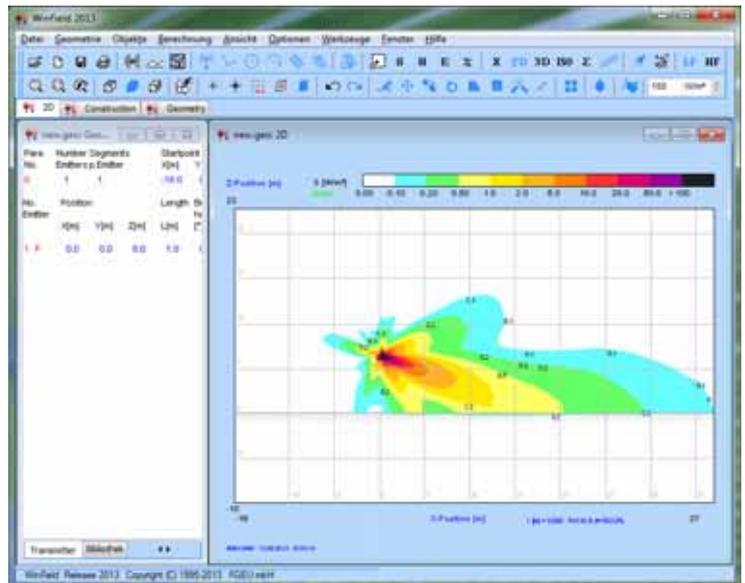
Parameter	X	Y	Z
Position [m]:	0.000	0.000	6.000
Länge [m]:	1.000		
Strahlrichtung hor. [°]:	0.000		
Strahlrichtung ver. [°] (= - Down tilt):	-20.000		
Sendeleistung [kW]:	0.100000		
Frequenz [MHz]:	1860.000		
Phase [°]:	0.000		
Gewinn [dB]:	12.8593		
Strahlbreite ver. [°]:	15.000		
Strahlbreite hor. [°]:	60.000		
Front-to-back ratio [dB]:	20.000		

Other parameters and options:

- Nr.: 1
- Boden Reflexion [%]: 50.000
- Ref. / Shield >>
- dBi aus Strahlbreite
- Breite aus Pattern
- Buttons: Lade ver. Pat., Lade hor. Pat., Koordinaten, OK, Abbruch
- Strahlrichtung anzeigen: Vertical: pat1\_ver, Horizontal: (plots showing radiation patterns)

**Schritt 9:**

Zur erneuten Berechnung der **Leistungsflußdichte** klicken Sie auf den Button **S**. Sie erhalten folgende Darstellung die sowohl das Richtstrahlendiagramm als auch eine Reflexion von 50% am Erdboden berücksichtigt:



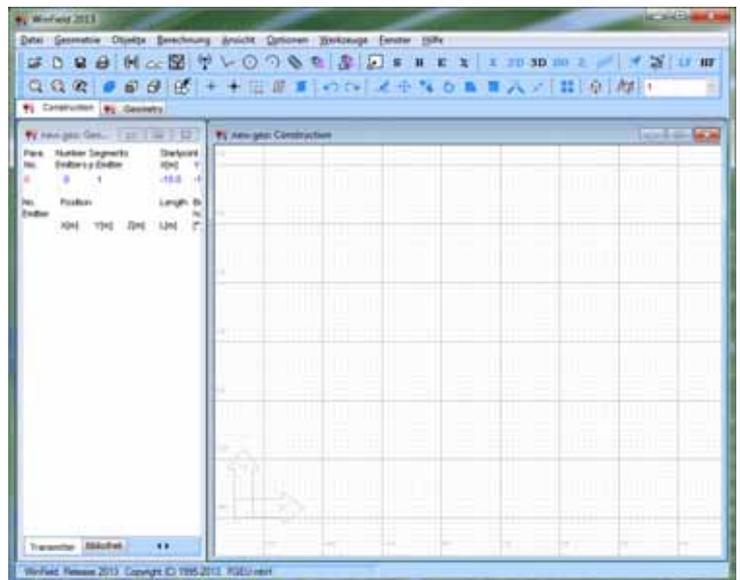
## 17.3 Handy und Mobilfunkbasisstation

In diesem Beispiel wird ein Endgerät (Handy) mit einer Mobilfunkbasisstation verglichen.

### Schritt 1:

Führen Sie den Menübefehl **NEU**  aus und selektieren Sie die Vorlage "**Handy**". Das Template "**Handy**" enthält bereits die wichtigsten Grundeinstellungen.

Auf dem Bildschirm erscheint das leere **Konstruktionsfenster** mit aktiviertem Fangraster (siehe Statuszeile: Befehle **F3-F9**) und das **Geometriefenster**, welches noch keinen Sendereintrag enthält:

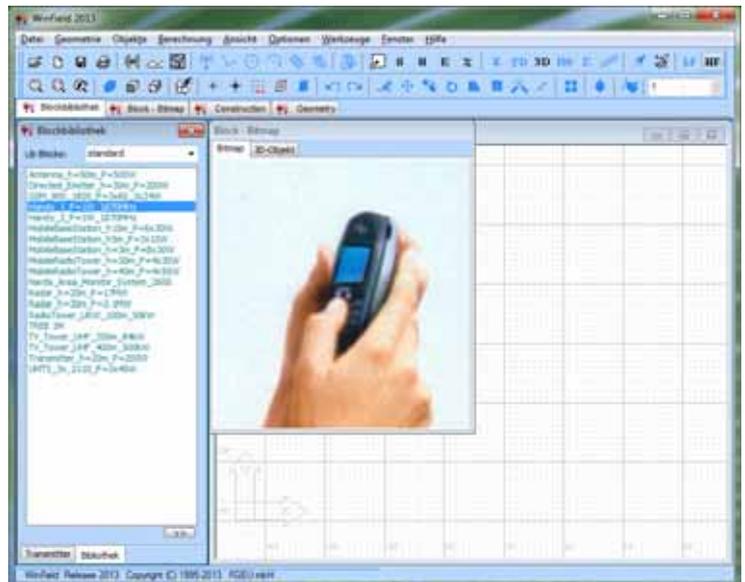


**Schritt 2:**

Schalten Sie das **Geometriefenster** von der **Transmitter-Ansicht** in die **Bibliothek-Ansicht** um. Über die Auswahlbox haben Sie Zugriff auf verschiedene Bibliotheken mit vordefinierten Objekten.

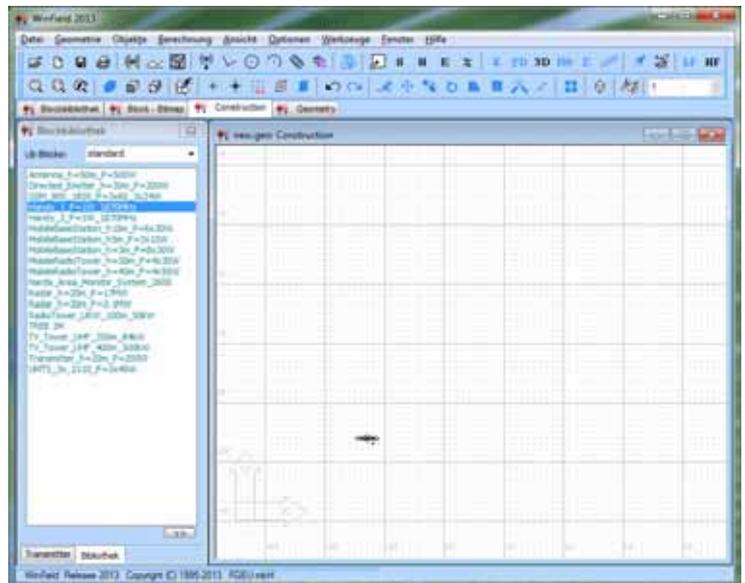
**Hinweis:** Sie können die Bibliothek-Ansicht mit dem Schalter  erweitern und sehen dann auf der rechten Seite die bereits in die Geometrie eingefügten Blöcke und die von Ihnen konstruierten Objekte. Ihre eigenen Objekte können Sie hierdurch den Bibliotheken hinzufügen.

Markieren Sie in der Bibliothek "**Standard**" das Objekt "**Handy\_1\_P=1W\_1870MHz**". Durch Doppelklick auf den Eintrag fügen Sie den Block in das Konstruktionsfenster ein. Die Koordinaten werden rechts unten angezeigt. Positionieren Sie den Block indem Sie mit der linken Maustaste klicken (rechts bedeutet Abbruch).



**Schritt 3:**

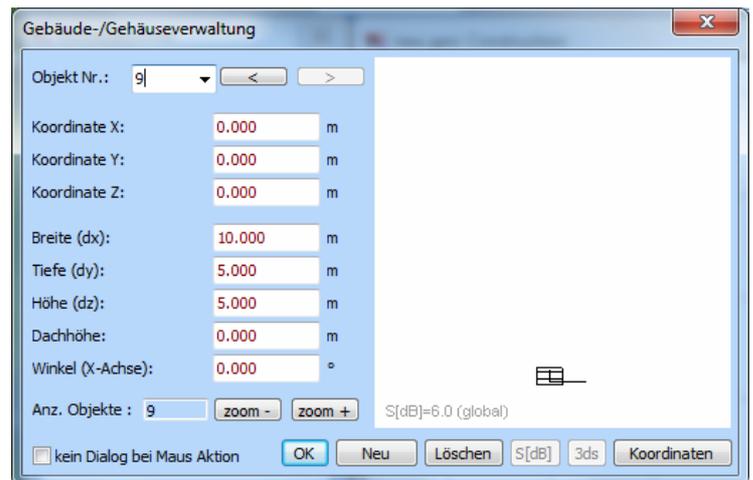
Sie erhalten die folgende Ansicht:



**Schritt 4:**

Klicken Sie auf den Button  um Aktionen ausschließlich per Maus auszuführen, d.h. ohne Koordinatenabfrage. Durch

Klick auf den Button  erzeugen Sie ein neues Gebäude für dessen Tiefe und Höhe Sie im erscheinenden Dialog jeweils 5 m eingeben.



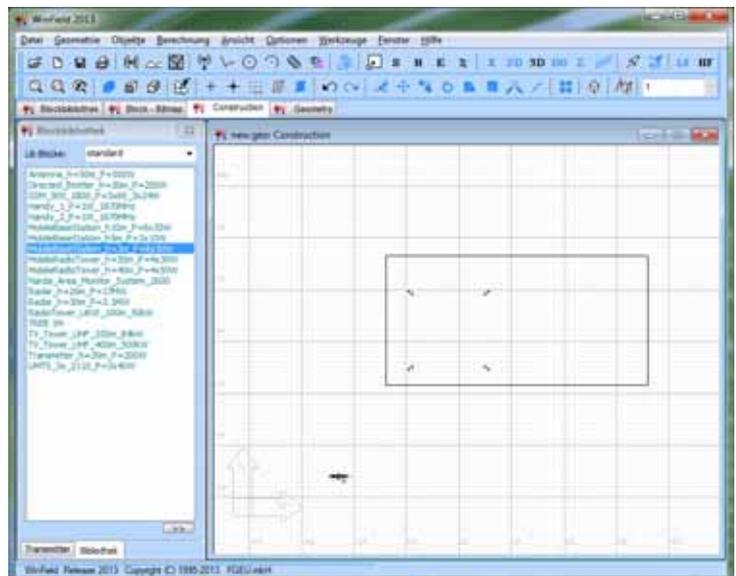
Bestätigen Sie den Dialog mit **OK** und ziehen Sie das Gebäude an einen Standort wie im nächsten Schritt dargestellt. Falls Sie die Position nachträglich verändern möchten, markieren Sie das Objekt (linke Maustaste oder Aufziehen eines Rahmens) und führen den Befehl **Verschieben** aus dem **Kontext-Menü** (rechte Maustaste auf die freie Fläche) aus.

**Hinweis:** Wenn Sie Objekte **verschieben**, **kopieren**, etc. möchten müssen Sie diese markieren bevor Sie den entsprechenden Befehl ausführen können. Während des Verschiebens wird die Maustaste nicht gedrückt gehalten, sondern es werden ein beliebiger Start- (1. Klick) und ein Endpunkt (2. Klick) der Verschiebung gesetzt. Die Bedienung ist an AutoCad angelehnt.

**Schritt 5:**

Als nächstes setzen Sie eine Basisstation auf das Dach des Gebäudes. Wählen Sie hierzu in der Bibliothek **Standard** den Eintrag "**MobileBaseStation\_h=3m\_P=8x30W**" aus. Mit Doppelklick fügen Sie das Objekt in das Konstruktionsfenster ein.

Sobald Sie das Objekt mit der Maus im Konstruktionsfenster bewegen, halten Sie die **Strg-Taste** gedrückt und ziehen das Objekt unter Beobachtung der Koordinatenanzeige bis auf eine Höhe von 5 m. Achtung: das Objekt bewegt sich dabei nicht, sondern nur der Cursor! Lassen Sie die **Strg-Taste** wieder los und ziehen Sie die Basisstation über das Gebäude wie in der folgenden Grafik dargestellt:



**Schritt 6:**

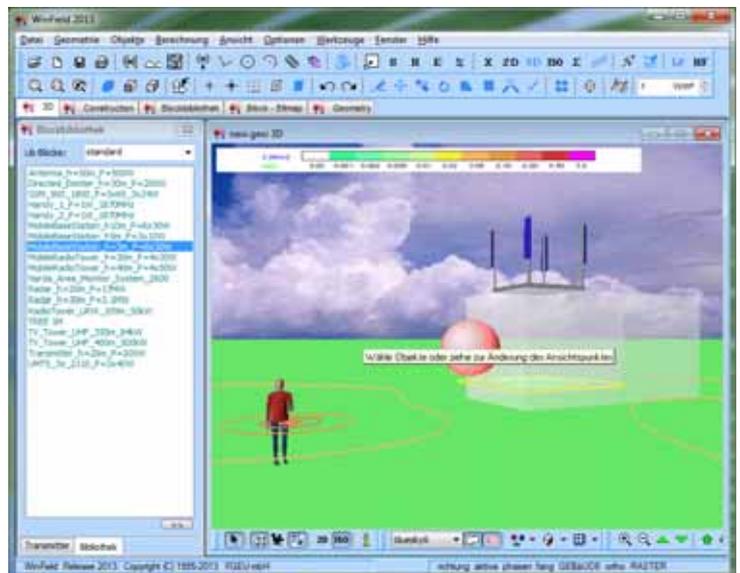
Durch Klick auf den Button **3D** betrachten Sie die Geometrie in der **Virtual Reality Ansicht**. Die rosa Kugel stellt das Sichtziel dar. Die Navigation erfolgt mittels der lokalen Toolbar:



oder durch ziehen per Maus, wobei alle drei Maustasten belegt sind und die **Strg-Taste** Bewegungen in Z-Richtung

bewirkt. Sofern die Taste  gedrückt ist befinden Sie sich im Auswahlmodus und können Objekte - genauso wie im Konstruktionsfenster - mit der rechten und linken Maustaste bearbeiten. Beachten Sie, daß Sie Objekte nicht direkt verschieben können, sondern daß Sie diese erst markieren müssen bevor Befehle wie Verschieben, Drehen, etc. ausgeführt werden können.

Nach Berechnung der **Leistungsflußdichte S** und Einblendung der Isolinien mit dem Button **ISO** (aus der lokalen Toolbar des 3D-Fensters) erhalten die folgende Darstellung:



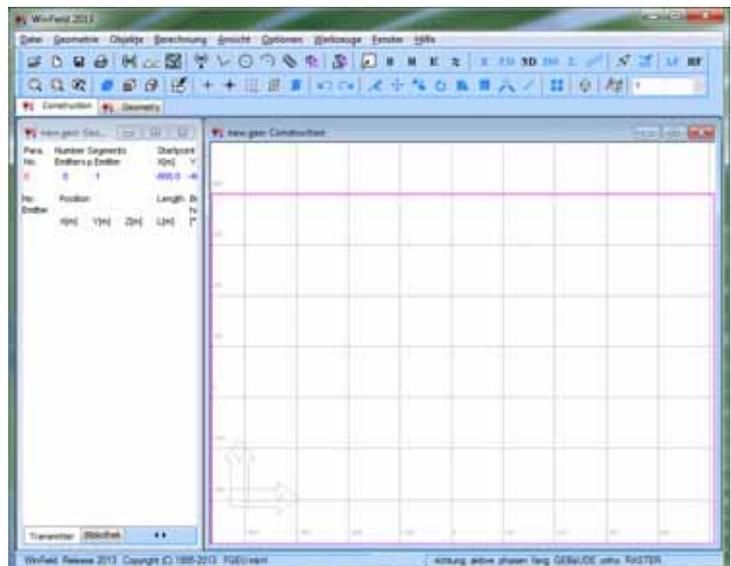
## 17.4 Radaranlage

In diesem Beispiel werden die Feldstärken einer Radaranlage berechnet.

### Schritt 1:

Führen Sie den Menübefehl **NEU**  aus und selektieren Sie die Vorlage "**Radar**". Das Template "**Radar**" enthält bereits die wichtigsten Grundeinstellungen.

Auf dem Bildschirm erscheint das leere **Konstruktionsfenster** und das **Geometriefenster**, welches noch keinen Sendereintrag enthält:

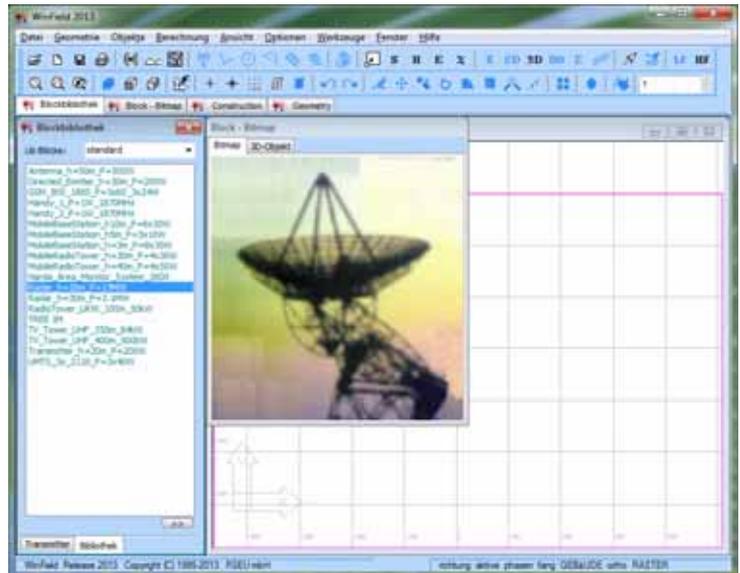


## Schritt 2:

Schalten Sie das **Geometriefenster** von der **Transmitter-Ansicht** in die **Bibliothek-Ansicht** um. Über die Auswahlbox haben Sie Zugriff auf verschiedene Bibliotheken mit vordefinierten Objekten.

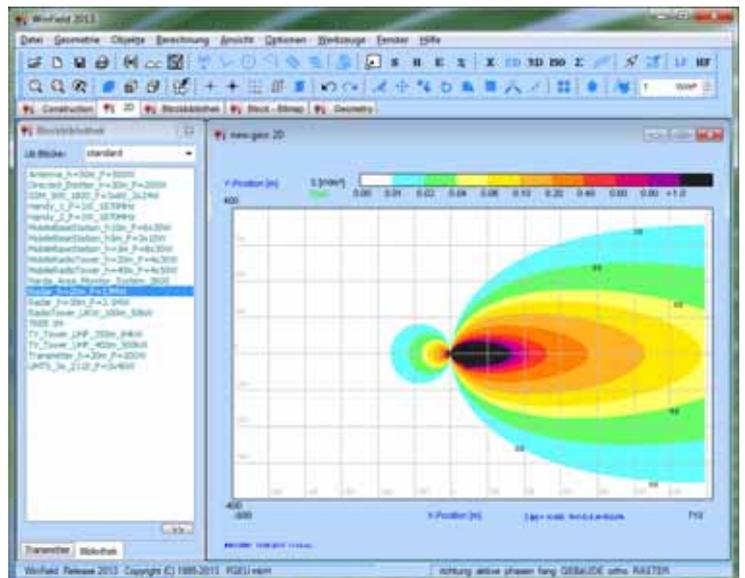
Im Fenster **Block-Bitmap** sehen Sie ein Foto der Anlage oder das 3D-Modell das in der **Virtual Reality Ansicht** verwendet wird. Durch Doppelklick auf das Foto können Sie dieses direkt bearbeiten. Das 3D-Modell kann getauscht werden wenn Sie die **Bibliothek-Ansicht** mit dem Schalter  erweitern. Dies ist von Vorteil wenn Sie die Bibliotheken um eigene, von Ihnen konstruierte, Objekte ergänzen möchten.

Markieren Sie in der Bibliothek "**Standard**" das Objekt "**Radar\_h=20m\_P=17MW**". Durch Doppelklick auf den Eintrag fügen Sie den Block in das Konstruktionsfenster ein. Die Koordinaten werden rechts unten angezeigt. Positionieren Sie den Block in der Nähe des Koordinatenursprungs (0,0,0) indem Sie mit der linken Maustaste in die Mitte des **Konstruktionsfensters** klicken (rechts bedeutet Abbruch).



### Schritt 3:

Zur Berechnung der **Leistungsflußdichte** klicken Sie auf den Button **S**. Sie erhalten die folgende Darstellung, wobei Sie Farben und Isolinien-Stufen im **Optionen Menü** einstellen können.

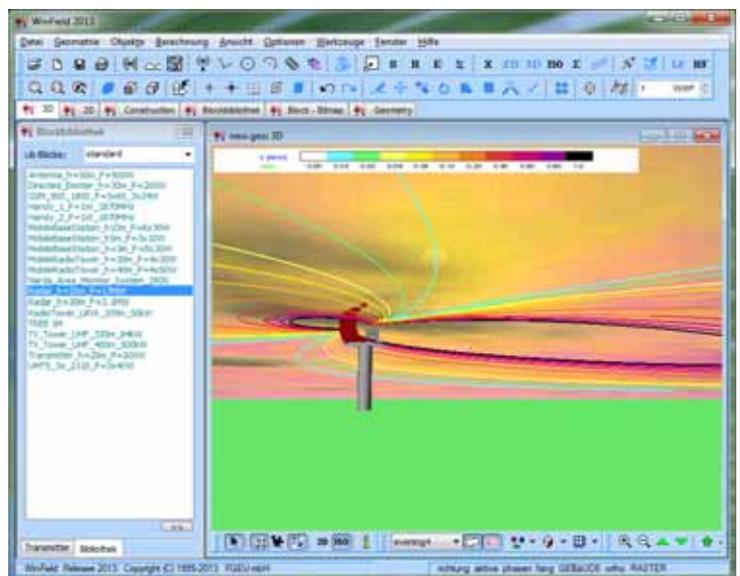


**Schritt 4:**

Durch Klick auf den Button **3D** betrachten Sie die Geometrie in der **Virtual Reality Ansicht**. Die Isolinien werden mit dem Button **ISO** (aus der lokalen Toolbar des 3D-Fensters) eingeblendet.

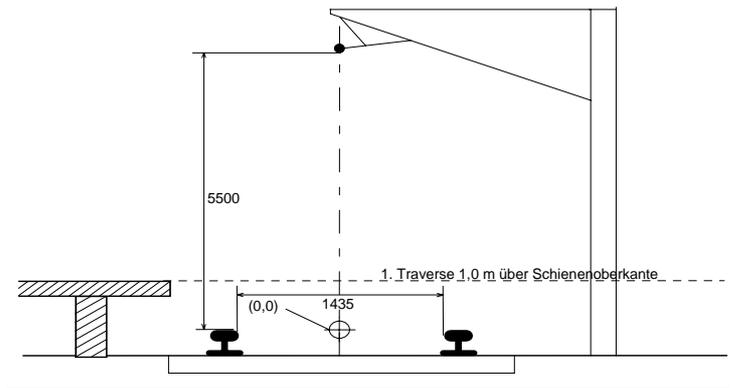


Die Navigation erfolgt mittels der lokalen Toolbar, wobei die Ebene durch ziehen per Maus und festhalten der **Strg-Taste** tiefer gelegt wurde.



## 17.5 Streckenführung der Fernbahn

In diesem Beispiel betrachten wir eine eingleisige Strecke der Fernbahn. Die Geometrie wird durch 3 Leiter nachgebildet.



Wir legen den Ursprung (0,0,0) auf die Schienenmitte (bündig mit der Schienenoberkante). Die Koordinaten der Leiter sind dann:

Schiene Links	(-0.718, 0, 0 ) m	I=-250 A
Schiene Rechts	( 0.718, 0, 0 ) m	I=-250 A
Fahrdrabt	( 0, 0, 5.5) m	I= 500 A

Versorgungsspannung 15 kV, 16 2/3 Hz

Die angesetzten Ströme stellen die Maximalbelastung (VDE 0228 T6) dar und legen einen Rückfluß über die Schienen von 100% zu Grunde.

Sie haben die Möglichkeit, die Geometrie von Hand einzugeben (Länge z.B. auf 1000 m setzen), oder aus dem Verzeichnis EFC-400\EXAMPLE\BAHN zu laden. Es existieren folgende Dateien:

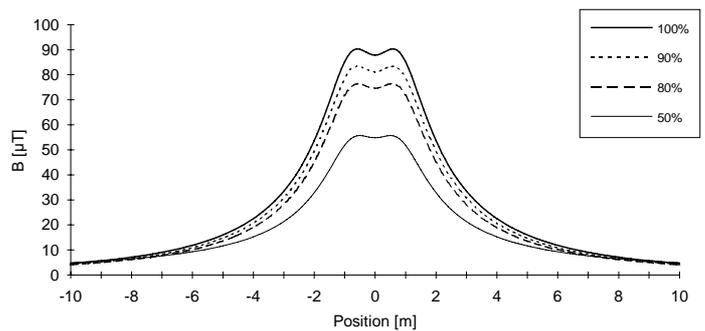
### Eingleisige Nebenstrecken

BN100.GEO	100% Rückstrom über Schiene
BN90.GEO	90%
BN80.GEO	80%
BN50.GEO	50%

**Hinweis:** Tragseile, Erd- und Versorgungsleitungen sind in den Dateien nicht berücksichtigt. In der Praxis können die Bodenfeldstärken (1 m Höhe) hierdurch um bis zu Faktor 2 geringer ausfallen. Falls die Beschaffenheit einer Streckenführung im Detail bekannt ist, kann diese selbstverständlich exakt von **EFC-400** berechnet werden.

Die Ströme entsprechen der Maximallast aus VDE 0228 T6 und stellen den "worst-case" Fall dar. Die in der Praxis üblichen Ströme liegen deutlich niedriger.

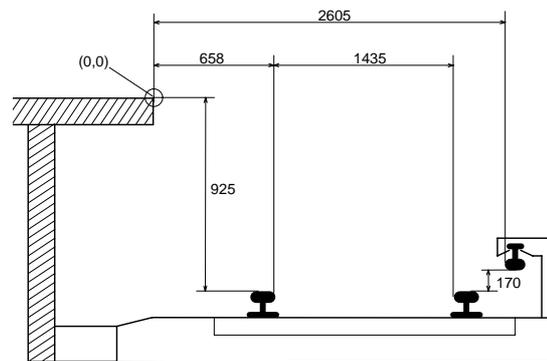
Für die Berechnung gehen wir von der Datei BN100.GEO aus. Stellen Sie die Frequenz im Dialog "**Technical**" fest auf 16 2/3 Hz ein und führen Sie die Berechnung durch:



Die Abbildung zeigt Querprofile der magnetischen Flußdichte in 1 m Bodenabstand, bei verschiedenen Rückstromanteilen über die Schienen.

## 17.6 Streckenführung einer U-Bahn

In diesem Beispiel betrachten wir eine eingleisige U-Bahnstrecke. Die Geometrie wird durch 3 Leiter nachgebildet und entspricht dem Berliner Großprofil.

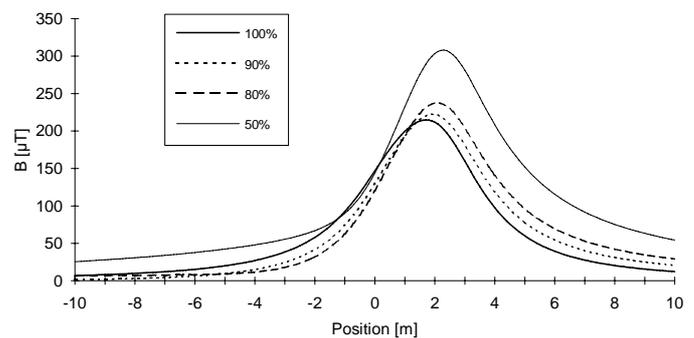


Wir legen den Ursprung (0,0,0) diesmal auf die Bahnsteigkante. Entsprechende Geometriedaten befinden sich im Verzeichnis EFC-400\EXAMPLE\U-BAHN:

UG100.GEO	100% Rückstrom über Schiene
UG90.GEO	90%
UG80.GEO	80%
UG50.GEO	50%

Als maximaler Fahrstrom werden 4 kA angenommen (VDE 0228 T6). Die Versorgungsspannung ist 650 V DC.

Stellen Sie die Frequenz im Dialog "**TECHNICAL**" fest auf 0 Hz ein und führen Sie die Berechnung durch:



Die Abbildung zeigt Querprofile der magnetischen Flußdichte in 1 m Höhe über dem Bahnsteig, bei verschiedenen Rückstromanteilen über die Schienen.

## 17.7 Kreuzung Fernbahn und HV-Leitung

In diesem Beispiel wird die Kreuzung zwischen einer Fernbahn und einer Hochspannungsleitung betrachtet. Eine entsprechende Geometriedatei befindet sich im Verzeichnis EFC-400\EXAMPLE:

HV-BAHN.GEO  
HV-BAHN.CFG

Bei der Freileitung handelt es sich um die Geometrie "380kV.GEO". Die Streckenführung der Fernbahn entspricht dem Beispiel **STRECKENFÜHRUNG DER FERNBAHN** (Die Ströme wurden auf 1/10 reduziert!).

Da auf den Leitungen unterschiedliche Frequenzen vorliegen, ist es notwendig, den Modus **Frequenz=Free** zu wählen. Eine entsprechende Konfiguration befindet sich in der Datei "HV-BAHN.CFG".

Rufen Sie **EFC-400** auf und aktivieren Sie den Menüpunkt "**Automatische Konfiguration**". Wechseln Sie in das Geometrie Menü und laden Sie die Datei "HV-BAHN.GEO". Führen Sie die Berechnung aus und wählen Sie die 2D-Grafik:

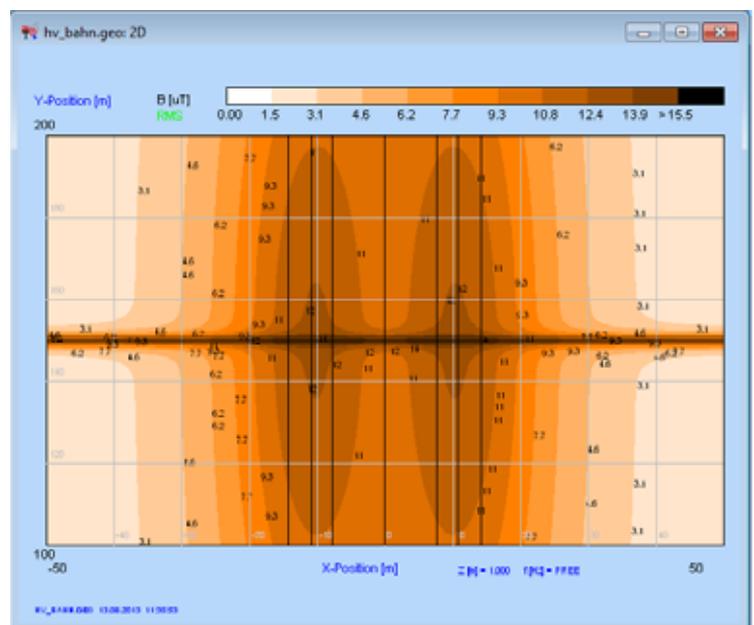


Abb. Magnetische Flußdichte, Datei HV-BAHN.GEO

Achtung: Die Rechenzeit ist erheblich länger als in den bisherigen Beispielen, da der Modus **Frequenz=Free** gewählt wurde!

## 17.8 Hochspannungsfreileitung

In diesem Kapitel wird die Eingabe einer Trasse anhand eines praktischen Beispiels dargestellt.

1) Nach dem Erzeugen einer neuen Geometrie laden Sie zunächst mit "**Konfiguration laden...**" im Menü **Optionen** die Konfigurationsdatei "EXTENDED.CFG", um das Programm in einen definierten Ausgangszustand zu versetzen. Klicken Sie auf das **EXT**-Icon in der Toolbar, falls der **Trassen Editor** noch nicht aktiviert ist.

2) Wechseln Sie zu den Berechnungsparametern, und stellen Sie dort folgendes Berechnungsfeld ein:

Anzahl der Segmente	:	1
Startpunkt X	:	-200 m
Startpunkt Y	:	-100 m
Startpunkt Z	:	1 m
Endpunkt X	:	500 m
Endpunkt Y	:	100 m
Endpunkt Z	:	1 m
dx-Weite	:	4 m
dy-Weite	:	4 m

Die übrigen Berechnungsparameter werden vom Programm selbsttätig eingestellt.

3) Durch Doppelklick auf den ersten Listeneintrag im **Trassen Editor** wechseln Sie in die **Mastverwaltung**. Hier wollen wir zunächst eine kurze Trasse aus 4 Masten parallel zur X-Achse mit den Mastabständen 285 m, 300 m, und 240 m eingeben.

Stellen Sie sicher, daß die Bibliothek "Standard" geladen ist. Sollte dies nicht der Fall sein, verlassen Sie die **Mastverwaltung** mit dem **OK**-Button wieder. Und wechseln mit dem Menüpunkt "**Bibliothek**" zur **Bibliotheksverwaltung**. Dort betätigen Sie den Button "**Laden**", selektieren die Bibliothek "Standard" und kehren in die **Mastverwaltung** zurück.

Wählen Sie hier mit der Maus den Masttyp "220 kV-Einebene" aus und übernehmen ihn mit dem **Wählen**-Button.

In diesem Beispiel reicht es aus, die Parameter "Koordinate x" und "Angle" im Parameter-Editor der **Mastverwaltung** einzustellen. Ändern Sie diese Parameter für den ersten Masten auf die X-Koordinate  $x = -200$  m und einen Mastwinkel (angle) von  $90^\circ$ , da die Querträger der Bibliotheksmasten parallel zur X-Achse ausgerichtet sind.

Der nächste Mast vom gleichen Typ wird auf gleiche Weise selektiert. Dessen X-Koordinate ist  $x = 85$  m, der Winkel beträgt  $90^\circ$ . Wiederholen Sie diesen Vorgang mit den X-Koordinaten 385 m und 625 m für die weiteren 2 Masten; und

vergessen Sie nicht, den Mastwinkel jeweils auf  $90^\circ$  einzustellen.

4) Nun ist die Trasse bereits erzeugt, und Sie können mit dem **OK**-Button in den **Trassen Editor** zurückkehren. Mit "**B-Feld**" wird die Berechnung gestartet. In der 2D-Ansicht ist folgendes Bild zu sehen:

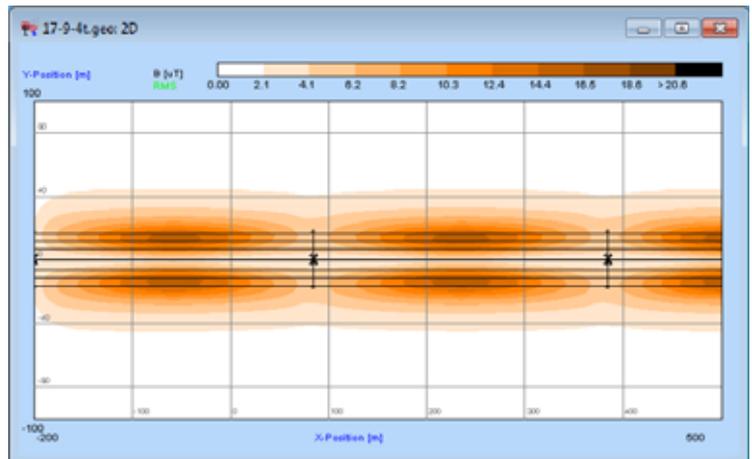


Abb. Beispiel Hochspannungsfreileitung mit Masten, Schritt 4.

5) Nun wollen wir die gesamte Trasse im Berechnungsfeld drehen und verschieben. Dafür wird in den **Trassen Editor** zurückgewechselt und mit dem **Edit**-Button der "**Trasse editieren**" Dialog aufgerufen. Hier aktivieren Sie die Option "**Alle Trassen**" und geben im Bereich der „Schiebe“ Funktion für die einzelnen Raumkomponenten  $x = -50$  m,  $y = -50$  m und  $z = 0$  m ein.

Nach der Betätigung von **<ENTER>** ist die Verschiebung bereits durchgeführt und Sie können sich das Ergebnis nach Ausführung der Berechnung mit "**B-Feld**" in der 2D-Ansicht ansehen.

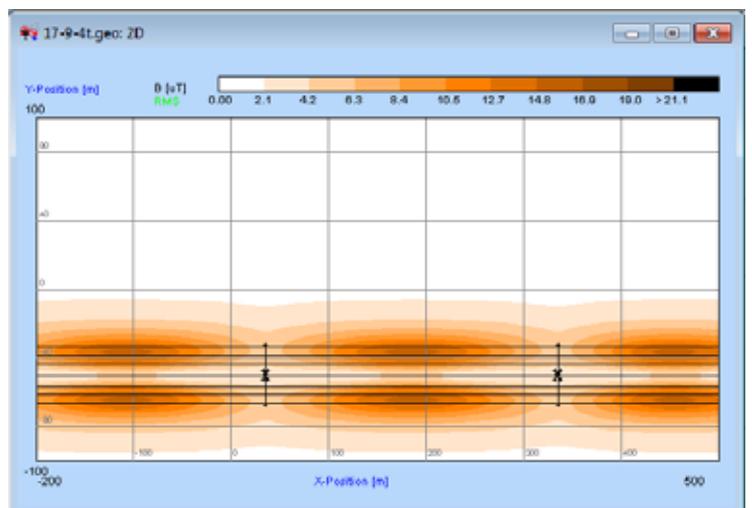


Abb. Beispiel Hochspannungsfreileitung mit Masten, Schritt 5.

6) Nun soll die Trasse um  $5^\circ$  gedreht werden. Rufen Sie dazu im **Trassen Editor** wieder den **Edit**-Dialog auf. Nun geben Sie im Parameterfeld "**Um Mast Nr.:**" einen Masten an, um den die gesamte Trasse gedreht werden soll. Geben Sie hier "1" für den ersten Masten an und im Parameterfeld "**Winkel**" "5" für eine Drehung um  $5^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn ein. Nach der anschließenden Berechnung ist folgendes Bild zu sehen:

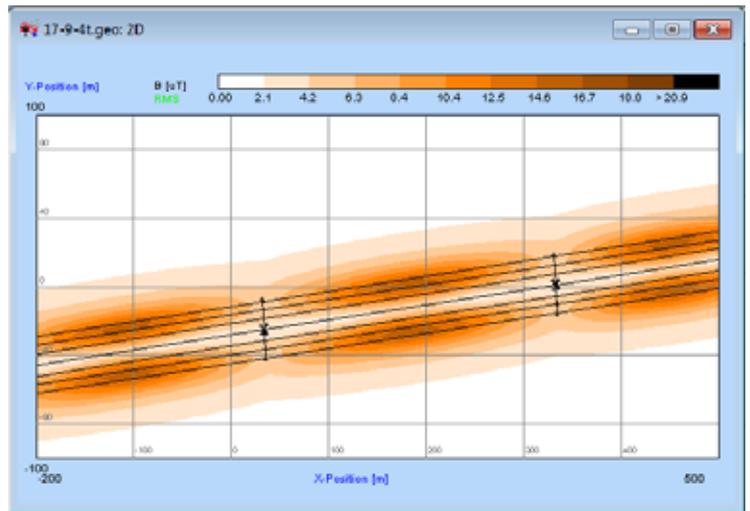


Abb. SAMPLE1.GEO, 2D-Ansicht.

Die soeben von Ihnen erzeugte Geometrie befindet sich als Beispiel im Verzeichnis EFC-400\EXAMPLE (Datei "SAMPLE1.GEO").

## 17.9 Zwei Hochspannungsfreileitungen

Dieses Beispiel baut auf der im vorhergehenden Unterkapitel eingegebenen 220-kV-Hochspannungsfreileitung auf. Zu der bereits erstellten Trasse wird in diesem Kapitel noch eine zweite hinzugefügt, welche die Erste kreuzt.

1) Bevor Sie die Vorgehensweise Schritt für Schritt nachvollziehen können, ist die Datei "SAMPLE1.GEO" aus dem Verzeichnis EFC-400\EXAMPLE zu laden.

2) Stellen Sie sicher, daß das gleiche Berechnungsfeld eingestellt und die gleiche Bibliothek geladen ist, wie im Beispiel des vorhergehenden Unterkapitels.

3) Mit Doppelklick auf den zweiten Listeneintrag im **Trassen Editor** erzeugen Sie beim Wechsel in die **Mastverwaltung** eine neue Trasse.

4) Wählen Sie mit den Cursortasten den Masttyp "380-kV-Donau" aus. Selektieren Sie anschließend vier Masten dieses Typs mit folgenden Koordinaten:

**Hinweis:** In der **Mastverwaltung** wird zu den Mastnummern immer die Mastanzahl der bereits bestehenden Trassen addiert. In diesem Beispiel erscheint also der erste neue Mast als Mast Nr. 5.

Mast-Nr.	X-Koordinate [m]	Y-Koordinate [m]	Mastwinkel [°]
5	-200	50	-90
6	200	50	-90
7	300	-90	-180
8	350	-350	-180

5) Nun haben die Masten Nr. 6 und 7 noch nicht den korrekten Winkel. Dies können Sie jedoch mit einem speziell für diesen Zweck vorgesehenen **EFC-400** Tool korrigieren:

Wählen Sie mit <PgUp> bzw. <PgDn> den Masten Nr. 6 aus und betätigen Sie den Button "**Auto Winkel**". Es erscheint eine Dialogbox, in der Sie die Positionen des vorhergehenden sowie des nachfolgenden Masten eingeben können, woraufhin der Mast senkrecht zur Verbindungslinie dieser beiden Positionsangaben ausgerichtet wird. Wenn Sie die Positionen richtig eingegeben haben, beträgt der Mastwinkel von Mast Nr. 6 ca. -106°. Wiederholen Sie diesen Vorgang für Mast Nr. 7, für den sich ein Winkel von ca. -160° berechnet.

**Hinweis:** Den soeben beschriebenen Vorgang können Sie auch mit der Funktion „Auto Winkel | Auto“ auf einfachere Weise ausführen. Auto richtet alle Masten der Trasse entlang der Linie zwischen ihren jeweils vorherigen und nachfolgenden Masten aus.

6) Da sich die beiden eingegebenen Trassen kreuzen, werden die Masten der zweiten Trasse im folgenden um jeweils 10 m aufgestockt. Dazu geben Sie in der **Mastverwaltung** für alle Masten die alte Masthöhe + 10 m

ein, in diesem Fall "51,55 m". Dadurch verschiebt sich jeweils der gesamte Mastkopf um 10 m nach oben.

Danach sind für jeden Masten, bis auf den letzten, in der **Leiterkonfiguration** die Durchhänge der Leiterseile an die veränderte Masthöhe anzupassen. Dies geschieht mit der Funktion "Schieben" oder "Angleichen".

Klicken Sie auf den Button "Schieben" und wählen Sie "alle", um die Änderung für alle Seile wirksam werden zu lassen. Geben daraufhin einen Wert von 10 m ein, der den Erdbodenabstand der Leiterseile in Mastfeldmitte um 10 m erhöht.

7) Jetzt ist auch die zweite Trasse vollständig konfiguriert, und nach der Berechnung ist in der 2D-Ansicht folgendes Bild zu sehen:

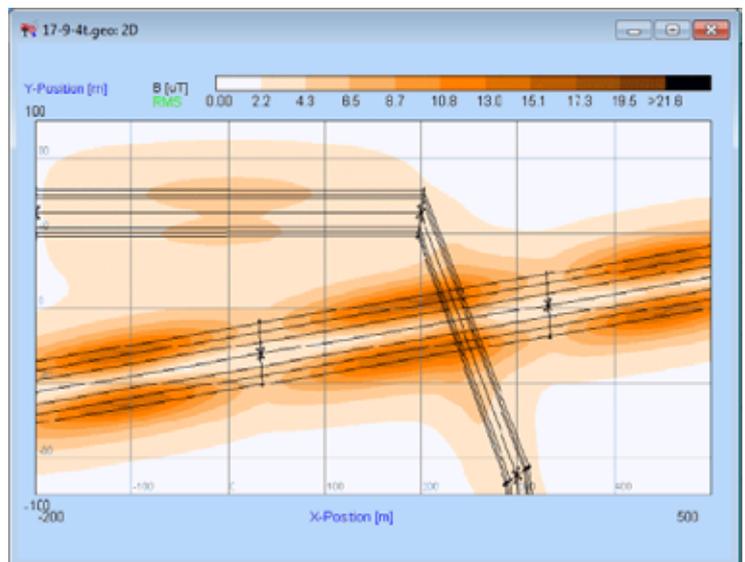


Abb. SAMPLE2.GEO, 2D-Ansicht.

Das in diesem Unterkapitel berechnete Beispiel befindet sich im Verzeichnis EFC-400\EXAMPLE (Datei "SAMPLE2.GEO").

## 17.10 Leitungskreuzung

In diesem Beispiel wird eine Kreuzung zweier Freileitungen betrachtet. Eine entsprechende Geometriedatei befindet sich im Verzeichnis EFC-400\EXAMPLE:

CROSSING.GEO  
CROSSING.CFG

Rufen Sie **EFC-400** auf und aktivieren Sie den Menüpunkt "**Automatische Konfiguration**" im Menü **Optionen**. Laden Sie die Datei "CROSSING.GEO". Führen Sie die Berechnung aus und wählen Sie die 2D-Grafik:

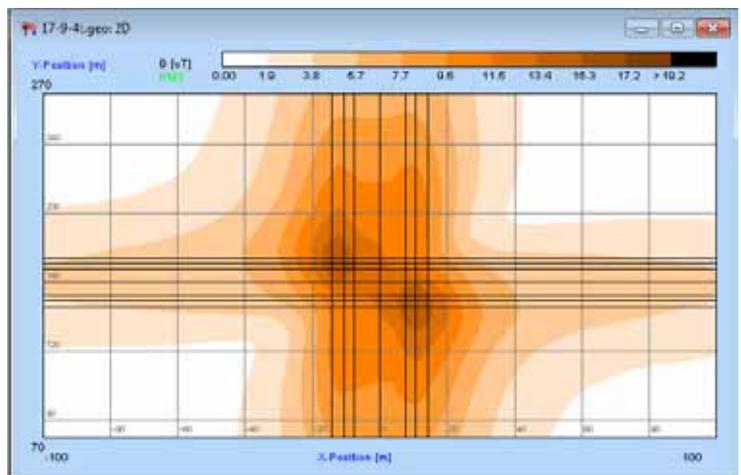


Abb. Magnetische Flußdichte, Datei CROSSING.GEO

Rufen Sie mit "**E-Feld**" die Berechnung der elektrischen Feldstärke auf:

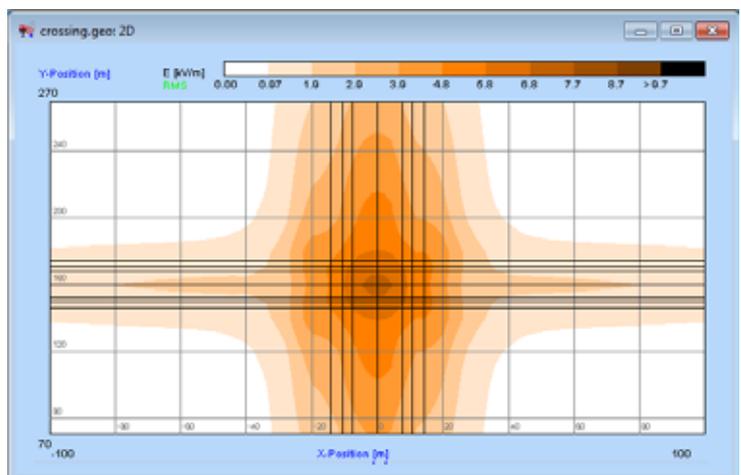


Abb. Elektrische Feldstärke, Datei CROSSING.GEO

Sie haben beim Laden der Geometrie automatisch die Konfigurationsdatei mitgeladen, welche für diesen Fall die Option "**Auto Segmente**" auf AN setzt (**Extended** Dialog). In Folge dessen, erhöht **EFC-400** die Segmentierung von 1 auf 30, mit der Meldung "identische oder kreuzende Leiter -> erhöhe Segmente auf n=30".

Sie können die Option "**Auto Segmente**" auch auf AUS setzen und explizit Segmente=30 eingeben. Achtung: Bei weniger als 30 Segmenten treten Fehler durch die mangelhafte Nachbildung der Geometrie aus Linienladungssegmenten auf (siehe Kapitel **Berechnungsparameter**).

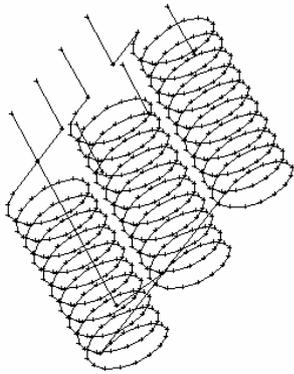


Abb. Vordefinierter Transformator

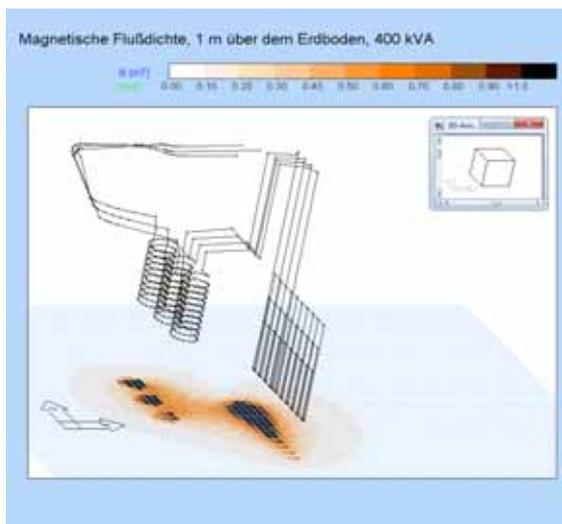


Abb. Mit EFC-400 konstruierte Netzstation

Para. No.	Number of Cond.	Segments	Startpoint X(m)	Y(m)	Z(m)	Vector X(m)	Y(m)	Z(m)	Number of Phases	V-Graft (m)	Z-Graft (m)	Number of Rows			
10	14	1	-1000	-4000	10	20	0.0	0.0	101	20.0	0.0	10			
No. Cond.	Startcoordinates X(m)	Y(m)	Z(m)	Endcoordinates X(m)	Y(m)	Z(m)	Height (m)	Voltage (kV)	Current (A)	Phase (°)	Cond. Radius (mm)	No. Sub	Dist. (m)	Sub (m)	Frequency (Hz)
1	7.8	0.0	24.0	-7.8	320.0	24.0	12.0	380.0	10000.0	0.0	10.0	4	0.4	50	
2	-14.3	0.0	24.0	-14.3	320.0	24.0	12.0	380.0	10000.0	120.0	10.0	4	0.4	50	
3	-10.8	8.8	36.0	-10.8	320.0	36.0	23.0	380.0	10000.0	240.0	10.0	4	0.4	50	
4	7.8	0.0	24.0	7.8	320.0	24.0	12.0	380.0	10000.0	0.0	10.0	4	0.4	50	
5	14.3	0.0	24.0	14.3	320.0	24.0	12.0	380.0	10000.0	120.0	10.0	4	0.4	50	
6	10.8	8.8	36.0	10.8	320.0	36.0	23.0	380.0	10000.0	240.0	10.0	4	0.4	50	
7	0.0	0.0	50.2	0.0	320.0	50.2	36.2	0.0	61.8	96.1	10.0	1	0.0	50	
8	-7.8	-320.0	24.0	-7.8	0.0	24.0	12.0	380.0	10000.0	0.0	10.0	4	0.4	50	
9	-14.3	-320.0	24.0	-14.3	0.0	24.0	12.0	380.0	10000.0	120.0	10.0	4	0.4	50	
10	-10.8	-320.0	36.0	-10.8	0.0	36.0	23.0	380.0	10000.0	240.0	10.0	4	0.4	50	
11	7.8	-320.0	24.0	7.8	0.0	24.0	12.0	380.0	10000.0	0.0	10.0	4	0.4	50	
12	14.3	-320.0	24.0	14.3	0.0	24.0	12.0	380.0	10000.0	120.0	10.0	4	0.4	50	
13	10.8	-320.0	36.0	10.8	0.0	36.0	23.0	380.0	10000.0	240.0	10.0	4	0.4	50	
140	0.0	-320.0	50.2	0.0	0.0	50.2	36.2	0.0	61.8	96.1	10.0	1	0.0	50	

Abb. "Standard" Format

## 17.11 Netzstation

### Einleitung

Viele der Konzepte, die mit **EFC-400** eingeführt wurden, weichen von denen herkömmlicher Feldberechnungsprogramme ab und sind derart revolutionär, daß sie einer ausführlichen Erklärung bedürfen.

Grundsätzlich werden unter **EFC-400** die stromführenden Teile von Energieanlagen durch linienförmige Leiter im Raum nachgebildet. Von diesen Leitern stehen Ihnen 50000 freidefinierbare Exemplare zur Verfügung. Die Konstruktion einer Anlage erfolgt dabei im einfachsten Fall, wie von CAD-Systemen bekannt, im dreidimensionalen Raum. Die Koordinaten dieses Raumes können im globalen Gauß-Krüger-System vorliegen, oder lokal auf die Anlage, z.B. auf einen Eckpunkt des Gebäudes einer Netzstation, bezogen werden. Einmal konstruierte Anlagen können anschließend in eine Gesamtgeometrie eingefügt werden, in ähnlicher Weise wie einzelne Textpassagen innerhalb einer Software zur Textverarbeitung.

Darüber hinaus können beliebige vom Anwender konstruierte Elemente wie Masten, Sammelschienen oder Kabel etc. als Objekt zusammengefaßt werden. Einige vordefinierte Objekte, z.B. Hochspannungsmasten, Schaltschränke oder auch Vegetationselemente, werden dem Anwender bereits mitgeliefert.

Der Hauptgedanke von **EFC-400** besteht jedoch darin, gerade die Definition von eigenen Objekten für den Anwender in einfacher Weise zu ermöglichen, um das System ganz an die eigenen Erfordernisse anzupassen, ohne dabei auf weitere Leistungen vom Hersteller der Software angewiesen zu sein.

Bei der Konstruktion von Anlagen im dreidimensionalen Raum kommt eine weitere Eigenschaft von **EFC-400** maßgeblich zum Tragen. Der "leere" Raum wird zu Beginn eines Projektes sozusagen "typisiert", indem topographische Karten im Raster- oder Vektorformat oder auch die Bauzeichnungen elektrischer Anlagen mit dem Raum verknüpft werden. Die Konstruktion ist hierdurch nicht mehr rein virtuell, sondern kann visuell aufgrund von bereits vorhandenen Informationen erfolgen. Gerade dies stellt eine erhebliche Erleichterung dar. Zusätzlich können unter **CAD** bereits bestehende Geometrien mittels der **DXF Schnittstelle** in **EFC-400** übernommen werden oder auch aus **EFC-400** zum **CAD-System** exportiert werden.

Zur Bearbeitung einer Geometrie stellt **EFC-400** dem Anwender zwei historisch gewachsene Modelle zur Verfügung, die unter einer Oberfläche vereint sind. Jede Geometrie kann in dem einen oder auch in dem anderen Modell bearbeitet werden. Dies ist erstens, das **EFC-400 "Standard" Format**, welches leiter- und blockorientiert ist. Die einzelnen Leiter werden dabei in einer Tabelle oder in einem **Konstruktionsfenster** mit der Maus bearbeitet. Das **Konstruktionsfenster** kann dabei von jedem beliebigen

Ansichtspunkt betrachtet werden. D.h., Sie können Leiter, wie unter **CAD-Systemen** üblich, in einer dreidimensionalen Ansicht, die Sie frei wählen können, bearbeiten. Dieses Format wird vorwiegend zur Konstruktion von Netzstationen, Schaltanlagen etc. verwendet. Deren Konstruktion wird dadurch erheblich vereinfacht, daß Sie beliebige Leiter in diesem Format zu selbstdefinierten Blöcken zusammenfassen können, um diese in einer Bibliothek für die spätere Nutzung abzulegen.

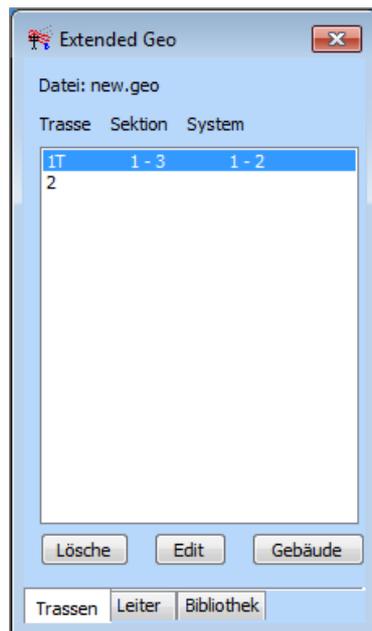


Abb. Trassen Editor

Das zweite modernere Modell, das sogenannte **"Extended" Format** ist dagegen trassenorientiert. In diesem Modell legen Sie zuerst die Mastprofile, Kabelquerschnitte oder das Streckenprofil von Bahntrassen fest. Anschließend selektieren Sie mit der Maus nur noch die eigentlichen Maststandorte, woraufhin **EFC-400** für Sie die gesamte Trasse in einem Zuge generiert. Alle Einstellungen, wie z.B. Ströme oder Phasenlagen, wirken sich gleichzeitig auf die gesamte Trasse aus. Sie können die Position einer gesamten Trasse in einem Vorgang bearbeiten oder auch nur die Position einzelner Masten nachträglich verändern, ohne die elektrischen Parameter der Trasse zu beeinflussen. Zusätzlich können Sie einzelne oder alle Masten gegen andere Typen tauschen und die Phasenlage von **EFC-400** automatisch optimieren lassen. Insgesamt verwaltet **EFC-400** für Sie im **"Extended" Format** bis zu 1000 Masten in maximal 100 Trassen und bis zu 1000 Gebäudemodelle. All diese Objekte sind nach der Erzeugung über eine einzige Koordinatenposition referenzierbar. D.h., durch die Anwahl einer einzigen Cursorposition per Maus innerhalb Ihrer Topographie, können Sie jedes Objekt neu platzieren.

Eine Geometrie können Sie jederzeit in beiden Modellen bearbeiten. Zum Wechsel zwischen dem **"Standard"** und dem **"Extended" Format** klicken Sie dazu auf den Toolbar-Button mit der Bezeichnung **"EXT"**. Wenn Sie **EFC-400** (auch als Demo-Version) zum ersten Mal starten befindet sich **EFC-400** im **"Extended" Modus** und zeigt Ihnen den trassenorientierten Editor. Klicken Sie einfach mit der Maus auf den Button **"EXT"**, und schon zeigt **EFC-400** Ihnen eine Tabelle mit den in der Geometrie vorhandenen Leiter. Der beim Start von **EFC-400** aktivierte Modus ist abhängig vom Projekt und wird wie alle anderen Konfigurationen zusammen mit der Geometrie gespeichert bzw. geladen, sofern die Option **"automatische Konfiguration"** aktiviert wurde, wie dies standardmäßig beim Start von **EFC-400** der Fall ist.

### Konstruktion einer Netzstation

Bevor Sie mit der Konstruktion Ihrer ersten eigenen Station beginnen, ist es sinnvoll, sich einmal ein Beispiel einer bereits fertigen Station anzuschauen. Ein solches befindet sich bereits in Ihrer Demo-Version.

Starten Sie hierzu **EFC-400** und wählen Sie den Menüpunkt "Öffnen..." aus dem Menü "Datei" zum Öffnen einer Geometrie. In dem erscheinenden "Datei öffnen Dialog", wechseln Sie in das Verzeichnis "EFC-400\Example\TStation" und wählen die Datei "Station1.geo" aus.

In **EFC-400** wird daraufhin ein Fenster mit der Tabelle der zur Geometrie gehörigen Leiter und das **Konstruktionsfenster** geöffnet. Als nächstes teilen Sie **EFC-400** mit, daß es den Raum automatisch mit dem abgelegten Grundriß der Station typisiert, indem Sie "Auto Hintergrundkarte" aus dem Untermenü "Kartendarstellung" des Hauptmenüs "Geometrie" aktivieren.

Im digitalisierten Grundriß der Station sehen Sie jetzt die eingetragenen Leiter der Anlage.

**Hinweis:** Sie können das **Konstruktionsfenster** mit Hilfe des letzten Toolbar-Button (der drei Schrägstriche zeigt), oder des Menüpunktes "Konstruktion" aus dem "Ansicht" Hauptmenü auch jederzeit manuell öffnen, falls es einmal geschlossen sein sollte.

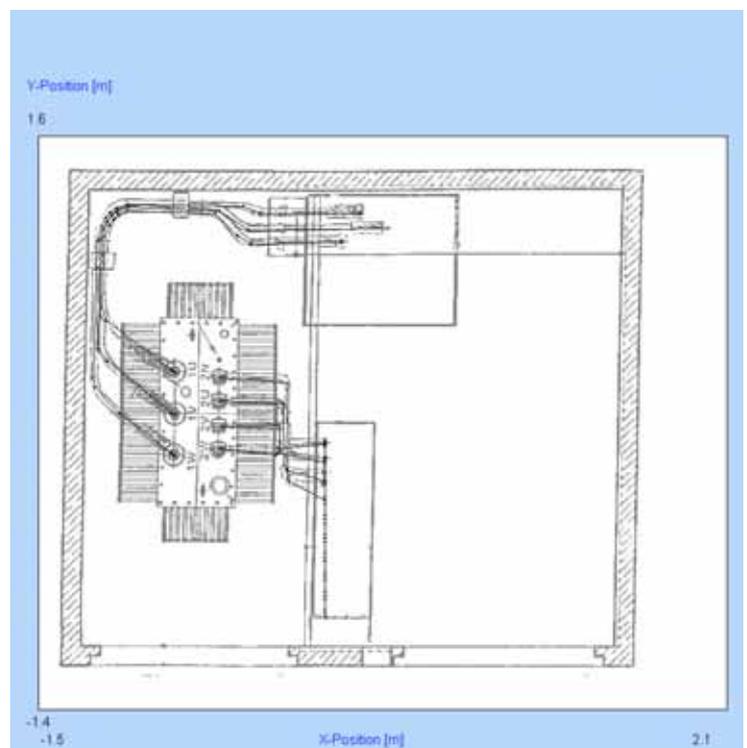


Abb. "Konstruktionsfenster" mit Grundriß und Leitern



Abb. Kontextmenü

Es handelt sich dabei um einen einfachen Stationstyp, der an einer Stichleitung betrieben wird, weshalb auf die Nachbildung des Hochspannungsschaltfeldes verzichtet wurde. Vom Transformator wurden nur die Transformatorkerzen nachgebildet. Die Anlage, die Sie im weiteren konstruieren werden, wird jedoch auch die Spulenwicklungen des Transformators beinhalten.

**Hinweis:** Lassen Sie sich bitte nicht durch die etwas schiefe Lage des Grundrisses irritieren. Dies wird häufig der Fall sein, wenn Sie Zeichnungen digitalisieren.

Um die Geometrie jetzt in einer räumlichen Ansicht etwas genauer zu untersuchen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den weißen freien Bereich des Fensters und wählen im erscheinenden **Kontextmenü** den Punkt **"3D-Ansichtspunkt"**, woraufhin ein Steuerfenster erscheint über dessen Laufbalken Sie den Ansichtspunkt der Geometrie frei wählen können. Wählen Sie einen Ansichtspunkt, in dem Sie alle Bauteile gut erkennen können. Wir setzen voraus, daß Ihnen die Funktion der nun sichtbaren Elemente bekannt ist.

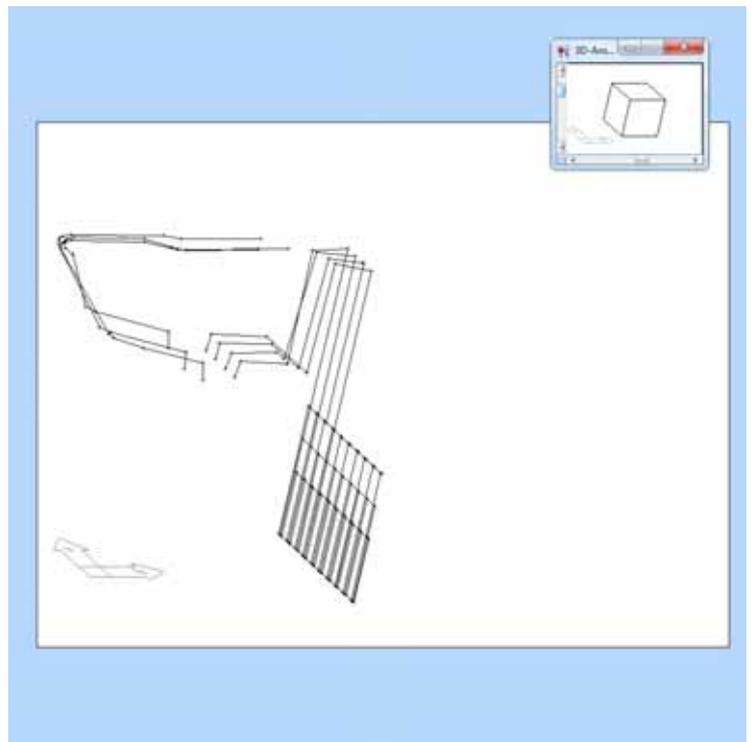


Abb. 3D-Ansicht der Leiter mit "3D-Ansichtspunkt" (rechts oben)

Um Ihnen die Prinzipien zur Konstruktion der Geometrie etwas näher zu erläutern, ist es sinnvoll die **Blockverwaltung** zu aktivieren, um die Gruppierung innerhalb der Geometrie zu verdeutlichen. Wählen Sie hierzu den Menüpunkt **"Blöcke"** aus dem **"Geometrie"** Menü oder klicken Sie auf den entsprechenden Toolbar-Button. Informationen über die

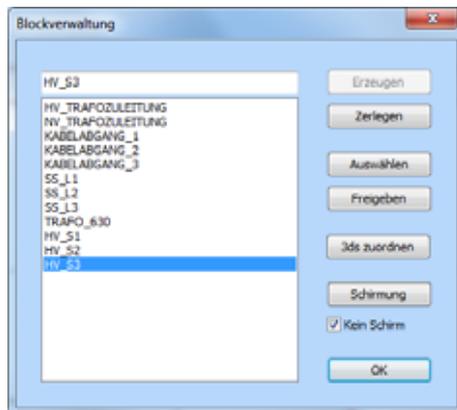


Abb. Blockverwaltung

Funktion der Toolbar erhalten Sie, indem Sie mit der Maus auf einen entsprechenden Button klicken und den Text in der Statuszeile lesen, bevor Sie den Mauszeiger wieder von der Schaltfläche des Button ziehen und die Maustaste loslassen.

Schieben Sie die **Blockverwaltung** an eine Position, an der die Geometrie nicht mehr verdeckt wird. In der **Blockverwaltung** sehen Sie jetzt die einzelnen Blöcke, aus denen die Geometrie zusammengesetzt wurde. Wählen Sie mit der Maus z.B. den Eintrag "**SS\_L1**" und klicken Sie auf "**Auswählen**", um die Phase "**L1**" der Niederspannungssammelschiene auszuwählen. Es ist ohne weiteres möglich, die einzelnen Blöcke "**SS\_L1**", "**SS\_L2**", "**SS\_L3**" und "**SS\_N**" zum gesamten Sammelschienensystem zusammenzufassen. Hierzu ist es notwendig, alle 4 Einträge mittels "**Auswählen**" anzuwählen, den neuen Namen, z.B. "**SS\_GES**", in der oberen Zeile einzugeben und mit "**Erzeugen**" zu bestätigen. Beachten Sie jedoch bitte, daß **EFC-400** nur eine Blockebene unterstützt. D.h., ein Block kann keine Unterblöcke beinhalten, oder anders ausgedrückt, ein Leiter kann nur Bestandteil eines Blockes sein.

Schließen Sie jetzt nach dieser kurzen Exkursion bitte die **Blockverwaltung** wieder mittels "**OK**". Eine andere Möglichkeit um Leiter zur Bearbeitung zu markieren haben Sie, indem Sie mit dem Mauszeiger direkt auf diese klicken, oder indem Sie mit der Maus innerhalb des Konstruktionsfensters einen Rahmen aufziehen, um mehrere Leiter zu markieren.

Halten Sie beim Klicken auf einen Leiter die "Ctrl" Taste gedrückt, so werden alle zusammenhängenden Leiter markiert, ein Festhalten der "Shift" Taste bewirkt das Markieren des gesamten Blockes.

Sofern Sie einen oder mehrere Leiter markiert haben, können Sie über einen Klick auf die freie Fläche des **Konstruktionsfensters** mit der rechten Maustaste das **Kontextmenü** (lokales Menü) aufrufen, um die Leiter zu bearbeiten. An dieser Stelle möchten wir das Beispiel jedoch damit abschließen, daß wir die magnetische Flußdichte der Geometrie mittels Klick auf den Toolbar-Button "**B**" berechnen.

Nach Vollendung der Berechnung (siehe Statuszeile) wird das "**2D**" Fenster mit der Ansicht der magnetischen Flußdichte automatisch geöffnet.

Schließen Sie bitte auch wieder das Fenster (mit dem Würfel) zur Steuerung des 3D-Ansichtspunktes, um zur Draufsicht zu wechseln.

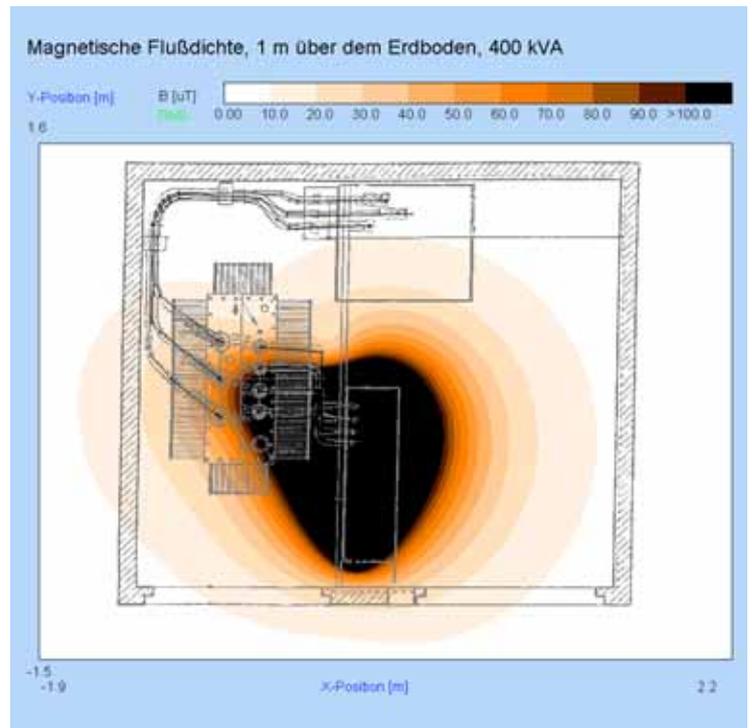


Abb. "2D-Grafik" der berechneten magnetischen Flußdichte

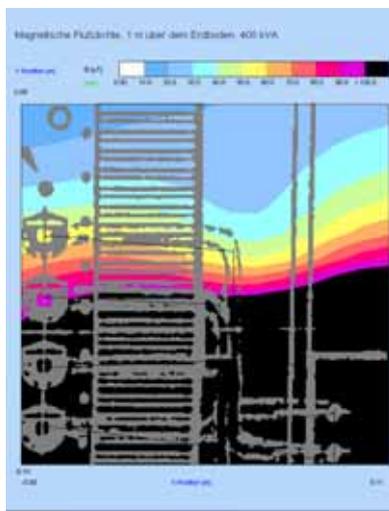


Abb. Vergrößerter Bildausschnitt

Im **2D-Ansichtsfenster** der magnetischen Flußdichte können Sie mittels des **Kontextmenüs** (rechte Maustaste) interessante Bereiche bis zu einem gewissen Grade vergrößern (zoomen) oder auch mit dem Cursor die Feldstärke an bestimmten Positionen abfragen. Nach diesem Beispiel schließen Sie bitte das gesamte Projekt mittels des Menüeintrages "**Schließen**" aus dem Menü "**Datei**".

Im folgenden möchten wir Ihnen zeigen, wie diese Station von Grund auf konstruiert wurde. Hierzu gliedern wir als erstes den Konstruktionsvorgang in einzelne Hauptschritte:

- A) Digitalisierung des Grundrisses zur Typisierung des Raumes
- B) Logische Unterteilung der Anlage in einzelne Baugruppen
- C) Konstruktion der Baugruppen nach B) und Ablage zur Wiederverwendung in der Blockbibliothek
- D) Positionierung der konstruierten Baugruppen innerhalb des Grundrisses
- E) Verbindung der Baugruppen zur Gesamtanlage
- F) Prüfung der Gesamtgeometrie
- G) Berechnung der Feldstärken

### Schritt A): Digitalisierung des Grundrisses zur Typisierung des Raumes

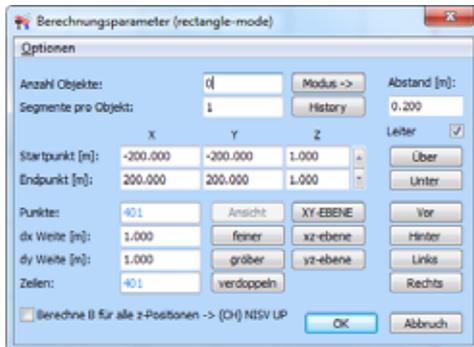


Abb. "Berechnungsparameter" Dialog

Der erste Schritt A) kann in diesem Beispiel für Sie entfallen, da die Digitalisierung sowie die Referenzierung des Grundrisses bereits in diesem Beispiel enthalten ist.

Nachdem Sie das Projekt vorhin geschlossen haben, müssen Sie jetzt als erstes eine leere Geometrie erzeugen. Dies erreichen Sie durch Anwahl des Menüpunktes "**Neu**" aus dem Menü "**Datei**". Wählen Sie die Vorlage "**Station**".

Es erscheint daraufhin eine leere Leitertabelle und das Konstruktionsfenster. Die Abmessungen dieses Fensters sind in der Vorlage "**Station**" definiert. Wird keine Vorlage ausgewählt, so entsprechen diese den Abmessungen der letzten geöffneten Geometrie.

Falls dieses notwendig sein sollte, können Sie die Abmessungen des Berechnungsfeldes über den Menüpunkt "**Berechnungsparameter**" aus dem Menü "**Berechnung**" oder mittels des zugehörigen Button der Toolbar manuell einstellen.

Bisher ist der Raum, den Sie jetzt im **Konstruktionsfenster** betrachten, "neutral". Zur Typisierung laden Sie im nächsten Schritt den Grundriß mittels des Menüpunktes "**Bitmap - colors -> gray**" aus dem Untermenü "**Hintergrundkarte importieren**" des "**Geometrie**" Hauptmenüs. Selektieren Sie die Datei "**Station1.pcx**".

**Hinweis:** Alternativ haben Sie hier auch die Möglichkeit eine Vektortopographie im DXF-Format oder Grafiken in Echtfarbe, z.B. Satellitenbilder im JPG-Format zu laden, sofern vorhanden.

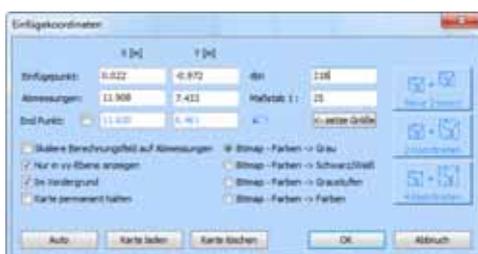


Abb. "Einfügekoordinaten" Dialog

Der erscheinende Dialog "**Einfügekoordinaten**" zeigt Ihnen die Referenzierung der Rastergrafik zum Raum. Die entsprechenden Koordinaten sind bereits korrekt eingestellt. Bei der Konstruktion eigener Anlagen müssen Sie die entsprechenden Angaben aus Ihren digitalisierten Plänen von Hand umrechnen und eintragen.

Bestätigen Sie bitte mit "**OK**", um die Typisierung des Raumes abzuschließen. In der Tat haben wir hiermit soeben eine ideale Grundlage erhalten, um die Geometrie der Anlage im Raumbezug zu konstruieren.

Um den angezeigten Ausschnitt zu vergrößern, wählen Sie "**verdoppeln**" im **Berechnungsparameter** Dialog.

**Schritt B): Logische Unterteilung der Anlage in einzelne Baugruppen**

Als nächstes vereinbaren wir die Gliederung der Anlage in folgende logische Baugruppen:

1. *Niederspannungsverteilung*
2. *Niederspannungsverbindung zum Trafo (Trafoanschluß)*
3. *Transformatormodell*
4. *Hochspannungszuleitung zum Trafo*

Der größte Aufwand bei der Konstruktion einer neuen Anlage besteht gerade in der Konstruktion dieser Baugruppen, die wir im folgenden erstellen wollen.

Die Konstruktion der Baugruppen kann jedoch entfallen, wenn Ihr Bauteil bereits in der Bibliothek enthalten ist. In vielen Fällen ist es zudem ausreichend, ein vorhandenes Bauteil zu modifizieren, was den Aufwand gegenüber einer kompletten Neukonstruktion erheblich verringert.

Sofern Sie wiederkehrende Bauelemente, wie z.B. die Niederspannungsverteilung, bereits einmal konstruiert haben oder in diesem Beispiel auf die aufwendige Konstruktion verzichten möchten, bitten wir Sie den nächsten Schritt C) zu überspringen.

Andernfalls fahren Sie bitte mit der Konstruktion der logischen Baugruppen fort.

### Schritt C): Konstruktion der Baugruppen nach B) und Ablage zur Wiederverwendung in der Blockbibliothek

#### C.1 Konstruktion der Niederspannungsverteilung

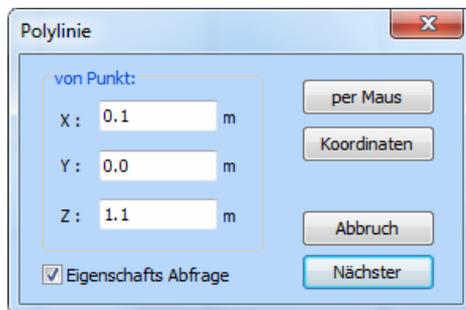


Abb. "Polylinie" Dialog

Die Niederspannungsverteilung dieses Beispiels besitzt insgesamt zehn Kabelabgänge. Wir beginnen mit der Konstruktion des ersten Teilleiterstücks der oberen Sammelschiene. Erzeugen Sie dazu bitte einen neuen Leiter, indem Sie aus dem Menü "3D-Objekte" des "Geometrie" Menüs den Befehl "Polylinie" auswählen, der auch über den entsprechenden Toolbar-Button aufgerufen werden kann. In der erscheinenden Dialogbox "Von Punkt" tragen Sie bitte als Startkoordinate (0.1, 0, 1.1) ein und bestätigen mit "OK". Es erscheint eine Dialogbox mit der Bezeichnung "Zu Punkt" in der Sie zunächst den Modus "Relativ" aktivieren, bevor Sie den Vektor (-0.1, 0, 0) des ersten Leiterstücks eingeben. Um von dem soeben konstruierten Stück der Sammelschiene aus die erste Phase des abgehenden Kabels zu konstruieren, geben Sie jetzt nach Betätigung des Schalters "Nächster" die relativen Koordinaten (0, 0, -1.1) ein und schließen den Dialog mit "OK" ab. Abschließend erscheint ein Dialog, in dem Sie die Spezifikationen der soeben konstruierten Leiter setzen können. In diesem Falle ist es jedoch ausreichend, die Box ohne weitere Eingabe zu schließen. Zur besseren Ansicht der konstruierten Leiter wechseln Sie bitte mit dem "Berechnungsparameter" Dialog aus dem Menü "Berechnung" in die xz-Ebene.

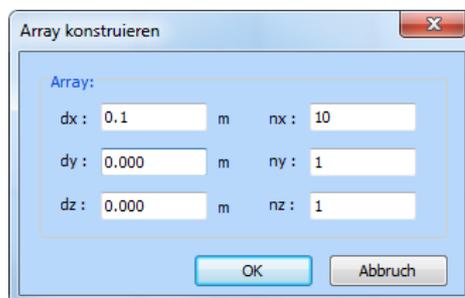


Abb. "Array konstruieren" Dialog

Um das soeben konstruierte Teilstück zu vervielfältigen, müssen Sie zuerst beide Leiter markieren, indem Sie im **Konstruktionsfenster** einen Rahmen aufziehen, der beide Leiter umschließt. Anschließend rufen Sie aus dem **lokalen Menü** (rechte Maustaste) den Befehl "Array konstruieren" auf. Der Versatz in x-Richtung, muß 0.1 m betragen, die Anzahl 10.

Damit ist die erste Sammelschiene einschließlich der abgehenden Kabel vollständig. Am Ende ist jedoch noch ein Leiterteilstück zuviel, welches Sie durch Markieren und Betätigen der Taste "DEL" löschen. Als nächstes konstruieren wir die Stromschiene zur Niederspannungsverteilung. Konstruieren Sie hierzu einen Leiter als **Polylinie** von der Startkoordinate (0.7, 0, 2.1) mit einer Länge von -1 m in z-Richtung. Im Gegensatz zu den vorigen Leitern, geben Sie für diesen Leiter folgende Spezifikation ein: Spannung 0.4 kV, Strom 577 A, Phasenlage 0°.

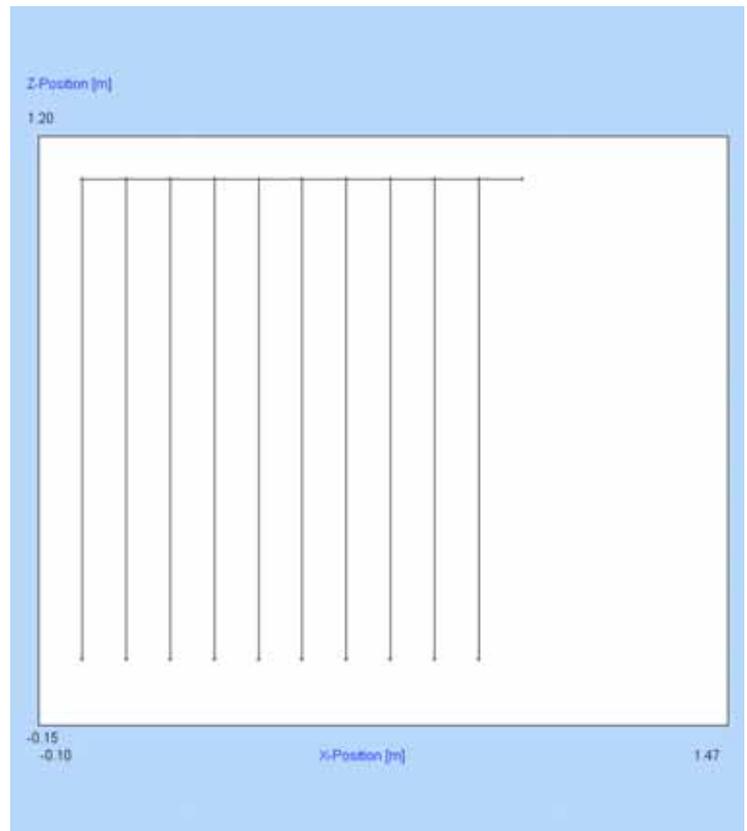


Abb. Erste Sammelschiene einschließlich abgehender Kabel

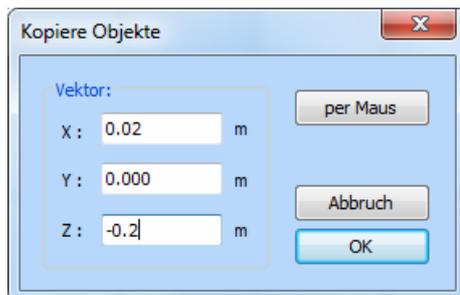


Abb. "kopieren" Dialog

Um die Leiteranordnungen der Phasen L2 und L3 zu erhalten, setzen wir den Befehl "**kopieren**" ein. Selektieren Sie alle bisher konstruierten Leiter indem Sie "**Alle auswählen**" anwählen und rufen Sie den Befehl "**kopieren**" aus dem **lokalen Menü** auf. Geben Sie für den Versatz der Leiter den Vektor (0,02, 0, -0,2) ein.

Zur Konstruktion der dritten Phase wählen Sie im **lokalen Menü** den Punkt "**Auswahl | Letzte Auswahl**", um wiederum alle Bauteile der Phase L1 zu markieren. Führen Sie erneut den Befehl "**kopieren**" mit einem Versatz von (0,04, 0, -0,4) aus.

Es ist jetzt noch notwendig eine kleine Korrektur vorzunehmen. Die Stromschienenzuleitungen zur Niederspannungsverteilung der Phasen L2 und L3 sind um einen Knotenpunkt 0,1 m (L2) bzw. um zwei Knotenpunkte 0,2 m (L3) in positiver x-Richtung zu verschieben. Führen Sie dieses bitte selbständig mit dem Befehl "**verschieben**" aus, der in ähnlicher Weise arbeitet wie der Befehl "**kopieren**". Sie sollten daraufhin eine Niederspannungsverteilung erhalten, wie in untenstehender Abbildung dargestellt, nachdem Sie gegebenenfalls das Berechnungsfeld mit "**Berechnungsfeld verdoppeln**" vergrößert haben.

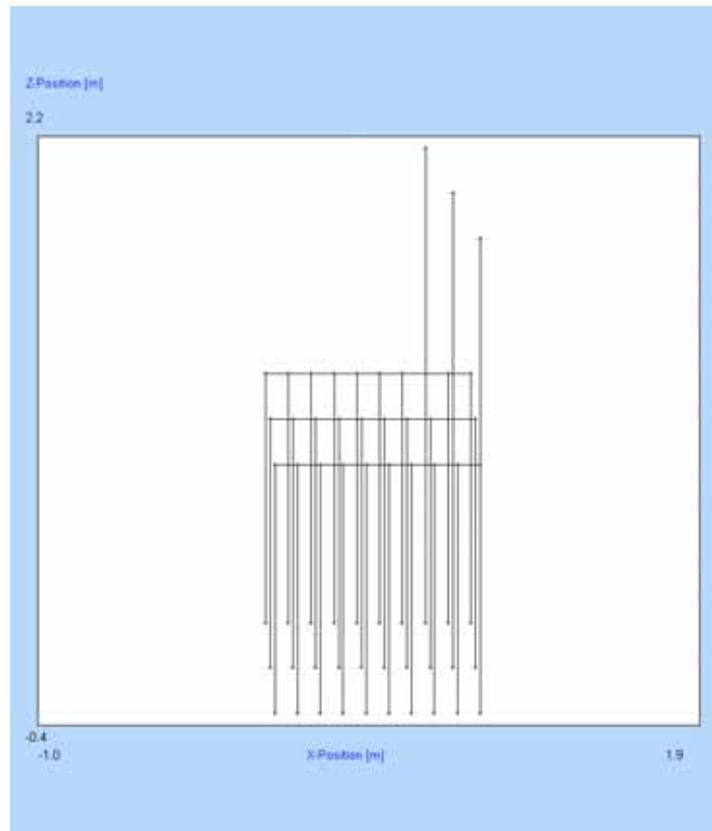


Abb. Niederspannungsverteilung mit Stromschienen

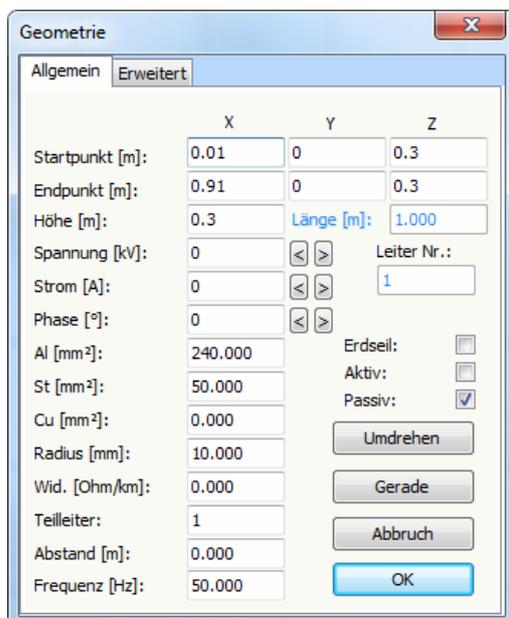


Abb. Spezifikationsdialog für Leiter

Zum Abschluß konstruieren wir die PEN-Stromschienen. Erzeugen Sie hierzu einen Leiter an der Position (0.01, 0, 0.3) mit einer Länge von 0.9 m in positiver x-Richtung und einen zweiten Leiter an der Position (0.58, 0, 2.1) mit einer Länge von 1.8 m in negativer z-Richtung. Im **Spezifikationsdialog** für diese Leiter geben Sie 0 V, 0 A und eine Phase von 0° ein.

Damit die abgehenden Kabel an der PEN-Schiene enden, markieren Sie diese Kabel durch Aufziehen eines Rahmens mit der Maus, der alle Kabelabgänge umschließt. Demarkieren Sie auf die gleiche Weise die unvermeidlich mitselektierten Sammelschienen und wählen **"Editieren"** aus dem **lokalen Menü**, um für alle Endpunkte die z-Koordinate 0.3 m einzugeben. Um den Durchhang zu bereinigen selektieren Sie alle Leiter und rufen Sie den Befehl **"begradigen"** aus dem lokalen Menü auf. Alternativ zur Anwendung der Funktion **"begradigen"** können Sie den Eintrag **"automatisch begradigen"** aus dem Menü **"Werkzeuge"** aktivieren, weil dann grundsätzlich nur gerade Leiter für die Konstruktion zugelassen sind.

Setzen Sie auf die gleiche Weise die Startpunkte der 4 Stromschienen auf die einheitliche Höhe von 2.1 m.

Falls Sie die Funktion **"automatisch begradigen"** nicht aktiviert haben, markieren Sie abschließend alle Leiter und

führen Sie bitte die Funktion "**begradigen**" aus dem lokalen Menü aus, um einen eventuellen Durchhang der Leiter zu beseitigen.

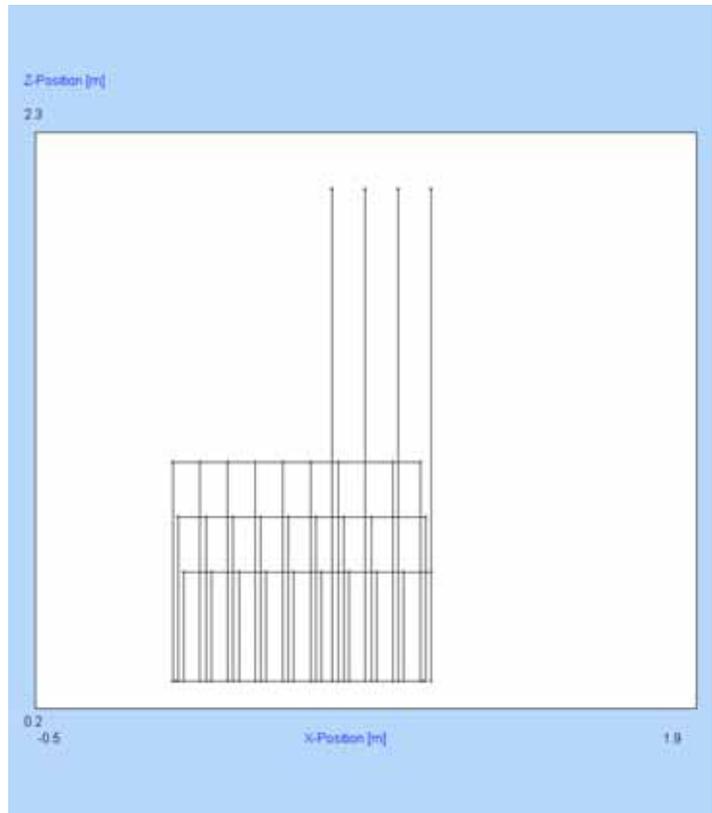


Abb. Vollständige Niederspannungsverteilung

Damit haben wir die Konstruktion der Niederspannungsverteilung beendet. Es ist jedoch noch notwendig die Ströme auf den einzelnen Leiterabschnitten festzulegen. Hierzu ist es möglich die Ströme von der **EFC-400** Funktion "**Kirchhoff Gesetz korrigieren**" berechnen zu lassen.

Als erstes setzen wir hierzu die Ströme auf den drei einspeisenden Stromschienen. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die zugehörigen Leiter (vertikal verlaufende Stromschienen) und setzen Sie die rechte Stromschiene auf einen Strom von 577 A bei einer Phase von  $240^\circ$ , die zweite Stromschiene von rechts: Strom = 577 A, Phase =  $120^\circ$ ; dritte Stromschiene von rechts: 577 A, Phase =  $0^\circ$ . Zum automatischen Setzen der Ströme, markieren Sie jetzt alle Leiter und rufen die Funktion "**Kirchhoff Gesetz korrigieren**" aus dem Menü "**Berechnung**" auf.

Wenn Sie jetzt die Funktionstaste "**F4**" betätigen, kennzeichnet EFC-400 alle Leiter mit den soeben berechneten Strömen. Einige Leiter erscheinen dabei in Rot. Dies sind Einspeisepunkte - **aktive** Leiter. Die grauen Leiter sind dagegen **passiv**.

Da Leiter, auf denen der Strom manuell gesetzt wurde, standardmäßig als Einspeisung, d.h. als aktive Leiter verwaltet werden, befinden sich zu diesem Zeitpunkt genau drei aktive Leiter in der Geometrie. Die Funktion "**Kirchhoff Gesetz korrigieren**" benötigt diese Einspeisepunkte um den Strom auf den verbundenen Leiterzügen automatisch berechnen zu können.

Da in der kompletten Netzstation die Einspeisung aber nicht an der Niederspannungsverteilung liegt, müssen die aktiven Leiter jetzt in passive umgewandelt werden, um später ein automatisches Setzen der Ströme zu ermöglichen. Markieren Sie dazu alle Leiter und führen Sie den Befehl "**Aktive Objekte | passiv setzen**" des Menüs "**Geometrie**" aus.

Zum Schluß wird noch das Gehäuse um die NVT konstruiert. Rufen Sie dazu die "**Gehäuseverwaltung**" aus dem Menü "**Geometrie | 3d Objekte | Gehäuse**" auf und erzeugen Sie mit "**Neu**" ein neues Gehäuse. Tragen Sie für den Mittelpunkt des Gehäuses die Koordinate (0.5, -0.1, 0); für die Breite 0.3 m; für die Höhe 2.2 m; für die Länge 1.1 m und für die Dachhöhe 2.2 m ein.

Die Konstruktion der Niederspannungsverteilung ist damit abgeschlossen. Um die jetzige Geometrie zu einem späteren Zeitpunkt wiederverwenden zu können, erzeugen wir als nächstes einen Block.

Markieren Sie hierzu die gesamte Geometrie und rufen den Befehl "**Blöcke**" aus dem Menü "**Geometrie**" auf. Geben Sie als Namen für den Block "**NVT\_1**" ein und erzeugen Sie den Block mittels des Schalters "**Erzeugen**", bevor Sie den Dialog mit "**OK**" beenden.

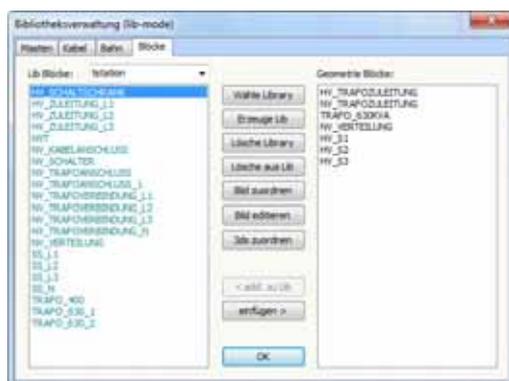


Abb. "Blockbibliothek"

Um den Block in der Bibliothek zu sichern, rufen Sie den Menüpunkt "**Blockbibliothek**" aus dem Menü "**Geometrie**" auf und wählen mit "**Wähle Bibliothek**" die **Bibliothek** mit dem Namen "**TSTATION**". Der erscheinende Dialog weist jeweils rechts und links eine Liste von Blöcken auf. Auf der rechten Seite handelt es sich um die Blöcke Ihrer Geometrie, wo Sie den Namen "**NVT\_1**" wiederfinden. Auf der linken Seite sehen Sie die Blöcke der Bibliothek "**TSTATION**". Wählen Sie jetzt den Block "**NVT\_1**" an und klicken Sie auf den Schalter "**add. zu Lib**", um den Block der **Bibliothek** hinzuzufügen. Zu einem späteren Zeitpunkt können Sie diesen Block wieder aus der **Bibliothek** laden und in Ihre Geometrie einfügen.

## C.2 Konstruktion des Transformatormodells

Als nächstes konstruieren wir das Transformatormodell. Schließen Sie hierzu als erstes Ihr Projekt und erzeugen Sie eine neue Geometrie mittels "**Neu**" und wählen Sie die Vorlage "**Station**" aus. (Die Niederspannungsverteilung hatten Sie hoffentlich bereits in der **Bibliothek** gespeichert!)

Unser Transformatormodell besteht aus drei Luftspulen, den Transformatorkerzen sowie den Verbindungen zwischen Spulen und Kerzen. Wir beginnen mit der Erzeugung der hochspannungsseitigen Transformatorkerzen.

Konstruieren Sie dazu bitte eine **Polylinie** ausgehend vom Punkt (-0.125, 0.22, 1.3) mit einer Länge von 0.15 m senkrecht nach unten und weisen ihr die Parameter 20 kV, 11.5 A und Phase 0° zu.

Benutzen Sie den Befehl "**Array konstruieren**", um die anderen beiden Kerzen um jeweils -0.22 m in y-Richtung versetzt zu konstruieren ( $dy = -0.22$ ;  $ny = 3$ ). Korrigieren Sie die Phasenlagen so, daß die in xy-Ansicht unterste Kerze die Phasenlage 240° und die mittlere Kerze die Phase L2 (120°) erhält.

Niederspannungsseitig wird ähnlich verfahren: Die erste Transformatorkerze beginnt an der Position (0.1, -0.18, 1.15) und verläuft von dort 0.15 m senkrecht nach oben. Die Spannung beträgt 0.4 kV, der Strom 577 A und die Phasenlage 240°.

Die weiteren Kerzen werden wieder mit dem Befehl "**Array konstruieren**" ( $dy = 0.12$ ,  $ny = 4$ ) erzeugt, wobei die in xy-Ansicht oberste Kerze den Anschluß an den Sternpunkt des Transformators darstellt und somit Strom, Spannung und Phasenlage auf Null gesetzt werden. Den anderen drei Kerzen werden die Phasenlagen (von unten nach oben) 240°, 120° und 0° zugewiesen.

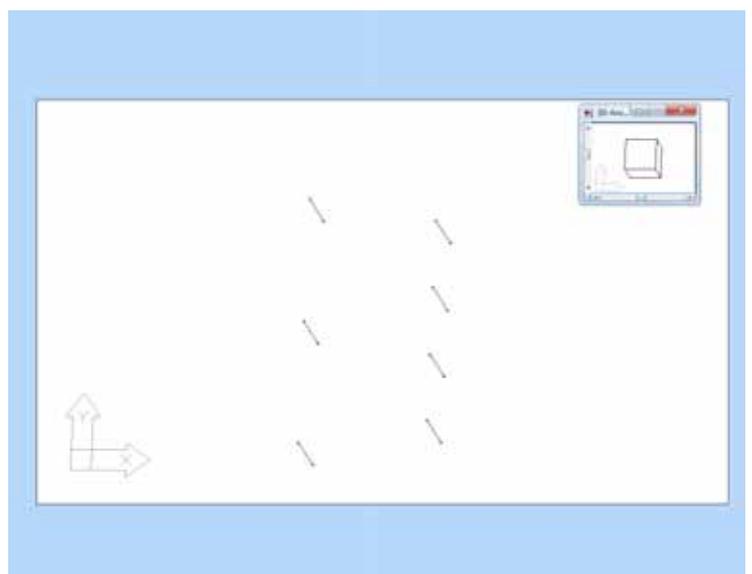


Abb. Hoch- und niederspannungsseitige Transformatorkerzen



Abb. "Spule" Dialog

Anschließend beginnen wir mit der Konstruktion der ersten Luftspule des Transformatormodells. Hierzu wird die Funktion "Spule" verwendet, welche sich im Untermenü "3D-Objekte" des "Geometrie" Menüs befindet. Tragen Sie für den Mittelpunkt der Spule die Koordinate (0, -0.3, 0.9) ein; für die Länge 0.5 m; für die Anzahl der Windungen 25; für den Radius 0.1 m und für die beiden Winkel "zur xy-Ebene" sowie "zur x-Achse" 180°. Bestätigen Sie mit "OK" und geben Sie als Spezifikationen 0.4 kV, 13.8 A und 240° Phasenlage ein.

Der Strom von 13.8 A ergibt sich aus der Modellbildung des Transformators und wird wie folgt berechnet:

$$I = I_n \cdot u_k / s$$

Mit  $I_n = 577$  A,  $u_k = 6$  % und Abschirmfaktor  $s = 2.5$  des Stahlblechgehäuses ergibt sich somit ein Strom von 13.8 A, mit dem die Spulen zu belegen sind.

**Hinweis:** Zur Schonung der Ressourcen erzeugt EFC-400 nur 10 statt 25 Windungen und erhöht entsprechend den Strom.

Die anderen beiden Spulen können nun wieder mit "Array konstruieren" ( $dy = 0.3$ ,  $ny = 3$ ) erzeugt werden. Der mittleren Spule weisen Sie 120° und der oberen Spule 0° als Phasenlage zu.

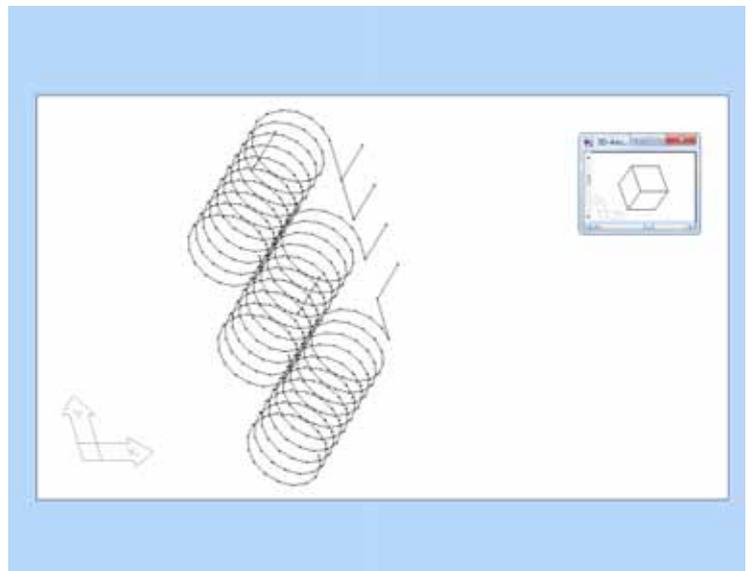


Abb. Mit den Transformatorkerzen verbundene Luftspulen

Um die Spulen mit den niederspannungsseitigen Trafokerzen zu verbinden, ist der Befehl "Verbinden" aus dem lokalen Menü hilfreich. Wählen Sie mit dem "3D-Ansichtspunkt" eine geeignete Ansicht und markieren Sie mit der Maus das letzte obere Leiterteilstück einer der drei Spulen sowie die zugehörige NV-Trafokerze. Führen Sie die Funktion "Verbinden" aus, worauf Sie die Wahlmöglichkeit zwischen

der Modifizierung der bestehenden Leiter und dem Einfügen eines neuen Leiters erhalten. Wählen Sie **"ja"** um ein neues Leiterstück für die Verbindung von Spule und Kerze zu erzeugen und verfahren Sie dann genauso mit den anderen zwei Spulen.

Um den Sternpunkt des Transformatormodells zu konstruieren, drehen Sie dieses bitte in eine Ansicht, in der die unteren drei Anschlüsse der Spulen erkennbar sind.

Rufen Sie die **"Polylinie"** Funktion auf und wählen Sie den Schalter **"per Maus"**. Mit dem Mauszeiger in Form eines Quadrates werden durch Anklicken die Koordinaten des Endpunktes des untersten Leiterteilstückes der mittleren Spule selektiert. Selektieren Sie nun bitte die Koordinaten des Startpunktes des letzten Leiters der Spule mit der Phasenlage  $0^\circ$  und beenden Sie die Koordinatenwahl mit der rechten Maustaste.

Weisen Sie diesem neu erzeugten Leiter bitte die folgenden Spezifikationen zu: Strom = 577 A, Spannung = 0.4 kV und Phase =  $0^\circ$ .

Konstruieren Sie auf die gleiche Weise einen Leiter vom unteren Anschluß der mittleren Spule zum unteren Anschluß der unteren Spule. Geben Sie als Spezifikation eine Spannung von 0.4 kV, einen Strom von 577 A und eine Phasenlage von  $240^\circ$  ein.

Damit die Stromsumme im Sternpunkt verschwindet, setzen Sie bitte auch noch den letzten Teilleiter der mittleren Spule auf einen Strom von 577 A bei einer Phase von  $120^\circ$ .

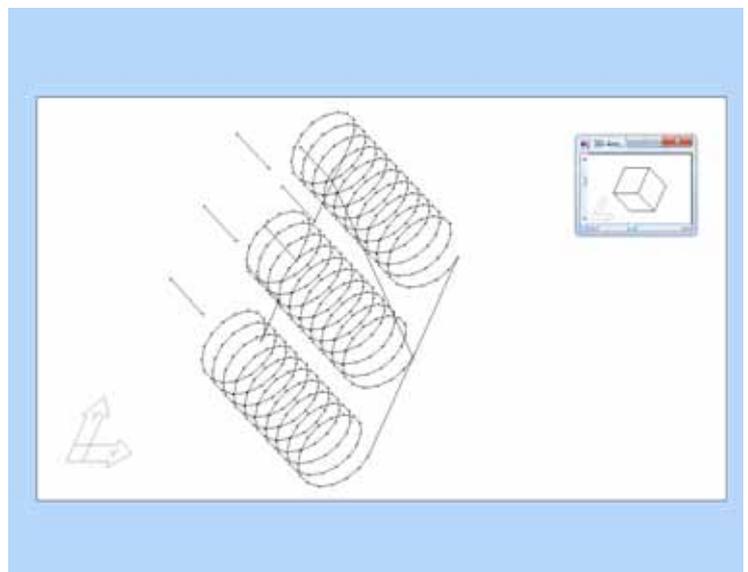


Abb. Komplettes Transformatormodell

Um das Transformatormodell zu vervollständigen fehlt jetzt nur noch die Verbindung des Sternpunktes mit der zugehörigen Transformatorkerze, welche die gleichen Spezifikationen wie die Kerze selbst erhält. Konstruieren Sie diesen Leiter bitte selbständig.

Mit der Funktionstaste "**F3**" können Sie sich die Orientierung der Leiter des Transformatorenmodells ansehen. Die Leiter der hochspannungsseitigen Transformatorkerzen und der Kerze des Sternpunktanschlusses laufen von oben nach unten, alle anderen Leiter sind so orientiert, daß sie vom Sternpunkt weg zeigen.

Sollten die hochspannungsseitigen Trafokerzen oder die Kerze für den Sternpunktanschluß von unten nach oben verlaufen, so markieren Sie die betroffenen Leiter und führen Sie den Befehl "**drehen | umdrehen**" aus dem lokalen Menü aus.

Danach werden durch Doppelklicken mit der linken Maustaste alle Leiter demarkiert. Markieren Sie die Kerze des Sternpunktanschlusses und führen Sie den Befehl "**orientieren -> ja**" aus dem lokalen Menü aus, um alle anderen Leiter auf die Kerze zu orientieren.

Um die richtigen Ströme für das Modell zu erhalten wurden diese manuell auf allen Leitern des Transformatorenmodells eingegeben was zur Folge hat, daß die Leiter **aktiv** sind. Alle Leiter, bis auf die niederspannungsseitigen Trafokerzen, müssen deshalb jetzt wie bereits beschrieben passiv gesetzt werden. Da jedoch die Gefahr besteht, daß beim automatischen Setzen der Ströme die berechneten Modellströme verändert werden, müssen die Verbindungsstellen zu den Spulen aufgetrennt werden. Das gleiche gilt für den Sternpunkt.

Dazu werden die drei Leiter, die die niederspannungsseitigen Trafokerzen mit den Spulen verbinden, und der Leiter, der den Sternpunkt mit der Trafokerze verbindet, markiert und um 0.002 m in x-Richtung verschoben.

Im Sternpunkt wird der Teilleiter mit 0° Phasenlage um 0.002 m in y-Richtung, das Teilstück mit 240° Phasenlage um -0.002 m in y-Richtung und der Leiter mit 120° Phasenlage um -0.002 m in z-Richtung verschoben.

Zum Schluß wird ein Gehäuse um die Spulen des Transformators konstruiert. Rufen Sie die "**Gehäuseverwaltung**" auf und tragen Sie für den Mittelpunkt des neuen Gehäuses die Koordinate (0, 0, 0); für die Breite 1.2 m; für die Höhe 1.2 m; für die Länge 0.7 m und für die Dachhöhe 1.2 m ein.

Zur späteren Verwendung des Transformatormodells selektieren Sie jetzt alle Leiter und erzeugen in der **Blockverwaltung** einen neuen Block mit dem Namen "**Transformator**".

Rufen Sie anschließend die "**Blockbibliothek**" auf und speichern den auf der rechten Seite sichtbaren Geometrie-Block "**Transformator**" in Ihrer Bibliothek "**TSTATION**".

### Schritt D): Positionierung der konstruierten Baugruppen innerhalb des Grundrisses

Löschen Sie jetzt die gesamte Geometrie und laden Sie die Hintergrundkarte, falls dies noch nicht geschehen ist. Zuerst fügen wir das Transformatormodell in die Geometrie ein. Rufen Sie dazu bitte die "**Blockbibliothek**" auf und wählen Sie den Eintrag "**Transformator**" in der linken Liste mit einem Doppelklick aus. Daraufhin erscheint das Transformatormodell in Ihrer Geometrie und kann mit der Maus an die richtige Stelle geschoben werden.

**Hinweis:** Alternativ haben Sie hier auch die Möglichkeit, den Transformator mit dem Schalter "**einfügen**" in Ihre Geometrie einzufügen. In der erscheinenden Dialogbox ist dann "**per Maus**" zu wählen.

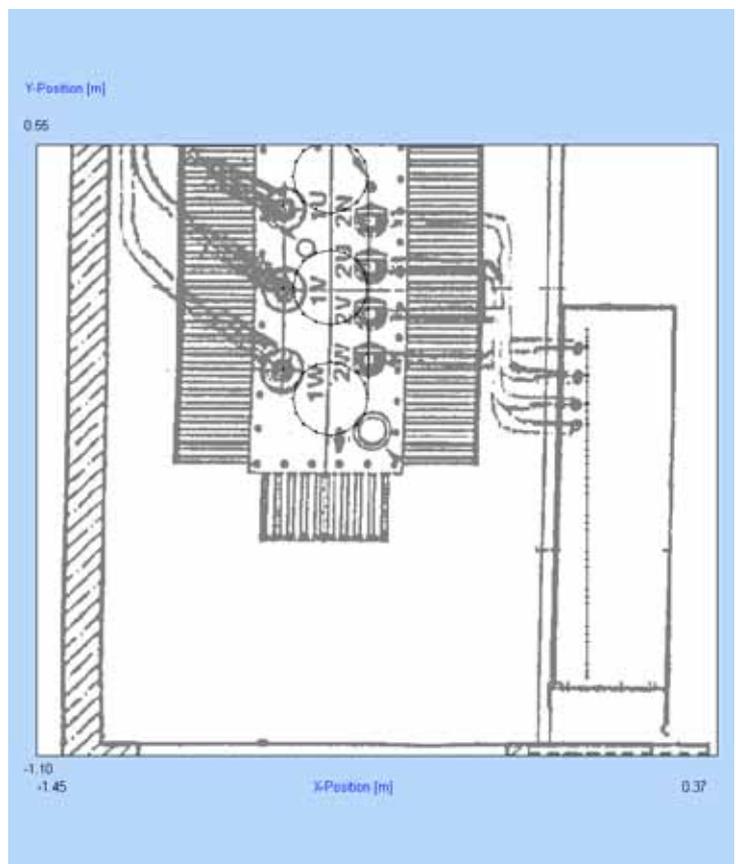


Abb. Grundriß mit Transformatormodell und NVT

Zum Einfügen der Niederspannungsverteilung wird in ähnlicher Weise verfahren. Der einzige Unterschied liegt darin, daß die NVT noch um 90° gedreht werden muß. Dieses kann während des Schiebens mit der Maus durch das Drücken auf die Taste "←" geschehen.

**Hinweis:** Wenn Sie die NVT über den Schalter "**einfügen**" einfügen, können Sie den Drehwinkel von 90° auch direkt eingeben. Ist die Position der NVT beim ersten Versuch nicht optimal, dann verschieben Sie diese einfach. Auch ein nachträgliches Drehen ist problemlos möglich.

## Schritt E): Verbindung der Baugruppen zur Gesamtanlage

### E.1 Verbindung zwischen Trafo und NVT



Abb. "brechen" Dialog

Zur Herstellung der Kabelverbindung zwischen Trafo und Niederspannungsverteilung gibt es verschiedene Möglichkeiten, von denen wir im folgenden einige Varianten beschreiben.

Die einzelnen Kabel werden vom Startpunkt an der Transformatorkeuze direkt bis an den entsprechenden Anschluß an der Stromschiene der Niederspannungsverteilung gelegt, was am einfachsten mit der Funktion "**verbinden**" zu realisieren ist. Dieses wird für alle vier Leiter durchgeführt; die Spezifikationen werden dabei automatisch übernommen.

Anschließend werden alle vier Leiter markiert und mit der "**brechen**" Funktion aus dem **lokalen Menü** in jeweils fünf Teile gebrochen, indem für "**Anzahl der Teile**" 5 eingetragen wird.

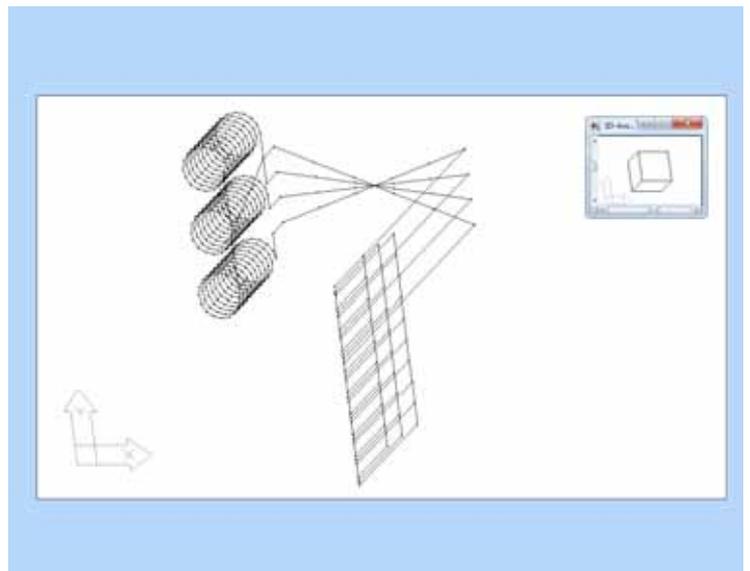


Abb. Geradlinige Verbindung zwischen Trafo und NVT

Jetzt kann man in der xy-Ansicht mit geladener "**Hintergrundkarte**" und mit der Funktion "**strecken**" aus dem **lokalen Menü** die Leiter mit der Maus entlang der im Plan eingezeichneten Kabel ziehen.

Markieren Sie dazu bitte die ersten beiden Teilstücke des PEN-Leiters (vom Trafo aus gesehen) mit der Maus. Aktivieren Sie nun den Schalter "**per Maus**" im "**strecken**" Dialog. Im **Konstruktionsfenster** erscheint nun anstelle des Mauszeigers ein Kreuz. Mit diesem Kreuz klicken Sie nun bitte in die Mitte des Fensters und ziehen die Verbindungs-

stelle auf die erste im Plan erkennbare Biegung des Kabels, bevor Sie erneut klicken.

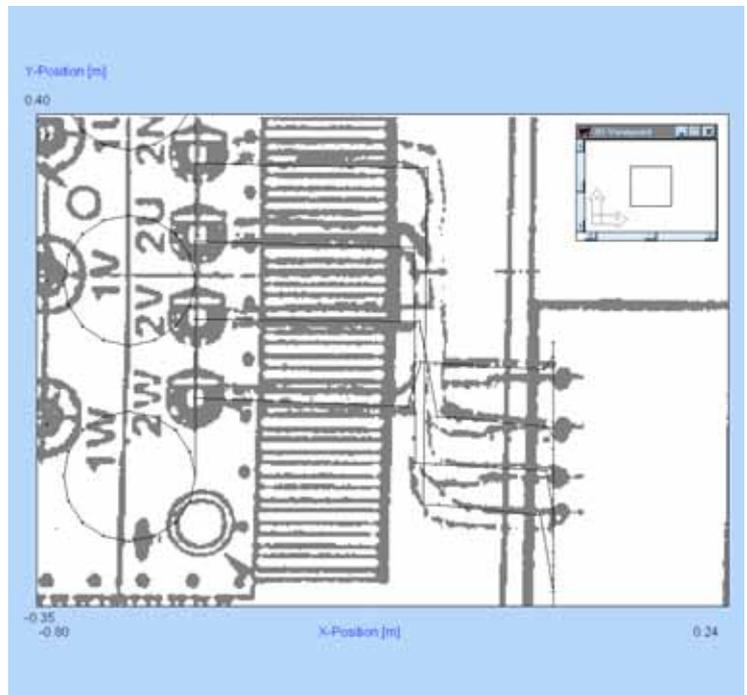


Abb. Nach Grundriß korrigierte Kabelverbindungen

Ebenso werden das zweite und das dritte Teilstück markiert und die Verbindungsstelle auf den untersten erkennbaren Knick des Kabels gezogen. Der dritte Knotenpunkt wird in die Nähe des Zweiten geschoben, da er später höher liegen soll und die vierte Verbindungsstelle schieben Sie bitte in die Nähe der Sammelschiene.

Verfahren Sie mit den anderen Leitern analog dieses Beispiels und wechseln Sie anschließend in die xz-Ansicht.

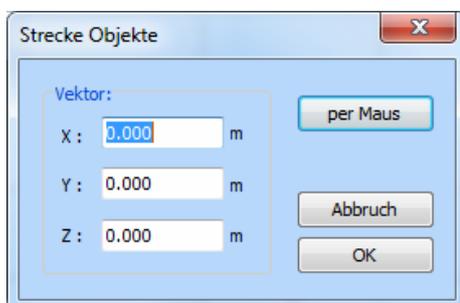


Abb. "strecken" Dialog

Markieren Sie jetzt bitte die jeweils ersten zwei Leiterteilstücke (vom Trafo aus gesehen) aller vier Kabel gemeinsam und ziehen Sie die Verbindungsstellen mit "strecken" senkrecht so weit nach unten, bis die ersten Kabelabschnitte horizontal verlaufen. Die nächsten Verbindungsstellen werden genau über die soeben Verschiebenen gezogen ("strecken"), da die zugehörigen Leiterteilstücke horizontal in y-Richtung verlaufen und in dieser Ansicht nicht erkennbar sind.

Die restlichen Verbindungsstellen werden ebenfalls senkrecht aber auf die Höhe der Stromschieneanschlüsse zur Niederspannungsverteilung gezogen.

Um die Konstruktion abzuschließen, werden alle neu erzeugten Leiter zum Block "NV\_Trafoverbindung" zusammengefaßt, welcher anschließend in der **Blockbibliothek** gespeichert wird.

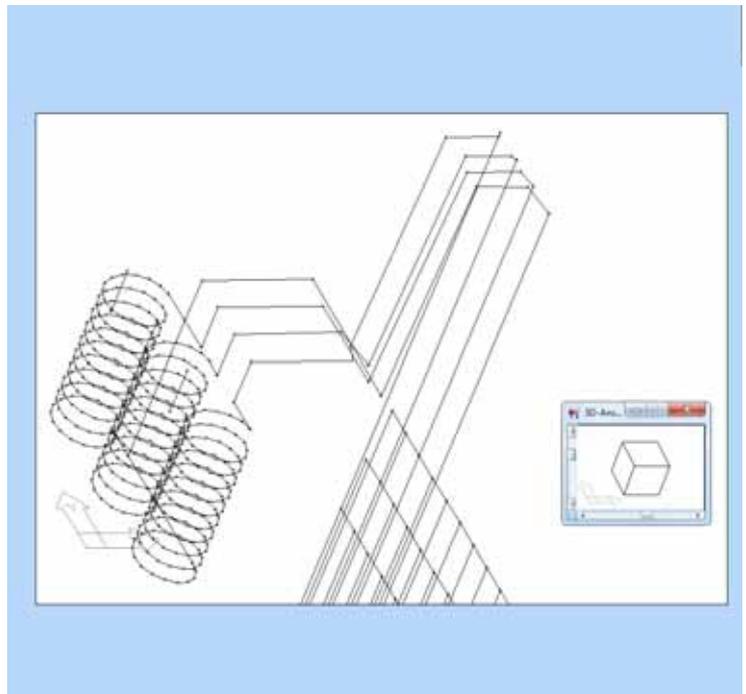


Abb. In vertikaler Richtung korrigierte Verbindungen

## E.2 Hochspannungszuleitung zum Trafo

Die Hochspannungszuleitung zum Trafo können Sie direkt als Block einfügen ("HV\_Zuleitung\_L1" bis "L3").

Falls Sie die Konstruktion manuell ausführen wollen, gibt es eine weitere interessante Möglichkeit, bei der die Koordinaten mit der Maus entlang des auf dem Plan eingezeichneten Kabels ausgewählt werden.

Wechseln Sie dazu bitte in die xy-Ebene, in der die Hintergrundkarte und das bereits eingefügte Transformatormodell sowie die Niederspannungsverteilung zu sehen sind.

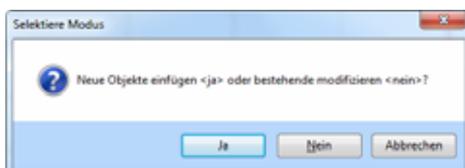


Abb. "verbinden" Dialog

Nach dem Löschen der Koordinatenliste und dem Demarkieren aller Leiter wählen Sie jetzt bitte "**Koordinaten wählen**" aus dem lokalen Menü und klicken Sie, vom Hochspannungsschaltfeld beginnend, mit dem Cursor entlang des Verlaufs des eingezeichneten Kabels "L1" bis zur oberen Transformatorkerze. Nach der letzten selektierten Koordinate wird die Funktion "**Koordinaten wählen**" mit der rechten Maustaste beendet. Jetzt kann aufgrund dieser Koordinaten eine **Polylinie** mit den Spezifikationen der zugehörigen Transformatorkerze konstruiert werden.

Da diese Leiter bisher auf einer Höhe von  $z = 0$  m liegen, werden alle Leiter bis zum Knick in der linken oberen Ecke der Station auf die Höhe des Anschlusses des Hochspannungsschaltfeldes ( $z = 1.6$  m) und die restlichen

Leiterstücke auf eine Höhe von  $z = 1.4$  m gezogen ("verbinden") und anschließend mit "begradigen" begradigt.

**Hinweis:** Der Aufruf von "begradigen" ist nur notwendig, falls die Einstellung "automatisch begradigen" deaktiviert ist.

Um dieses Kabel mit der zugehörigen Transformatorkerze zu verbinden, wird der fehlende Leiter mit "verbinden" ergänzt. Auf die gleiche Weise konstruieren Sie bitte die zwei weiteren Kabel, wobei zu beachten ist, daß das Kabel L3 im Bereich, in dem die Kabel gebündelt verlegt sind, um 0.04 m unterhalb der beiden anderen Kabel verläuft.

Fassen Sie abschließend wieder alle drei Kabel zu einem Block zusammen und speichern Sie diesen in der Blockbibliothek unter dem Namen "HV\_Zuleitung" für die weitere Verwendung.

**Hinweis:** Das zuvor durchgeführte Verfahren zur Konstruktion der Hochspannungszuleitung zum Trafo können Sie vereinfachen, indem Sie lediglich eine Phase dieses Kabels konstruieren und anschließend die Funktion "Kabel konstruieren" anwenden, um diese eine Phase in ein dreiphasiges Kabel zu konvertieren.

**Hinweis:** Eine weitere Konstruktionsmöglichkeit der Hochspannungszuleitung zum Trafo besteht darin, ein Kabel im "Extended"-Format zu erzeugen. Hierzu selektieren Sie mit der Maus Koordinaten entlang des gewünschten Kabelverlaufs und generieren in der "Kabelverwaltung" ein Kabel, dessen Anzahl von Stützpunkten der Anzahl der selektierten Koordinaten entspricht. Die Höhenpositionen des neuen Kabels liegen bei  $z = 0$  m. Die tatsächlichen Höhen können Sie manuell nachtragen, indem Sie diese aus den Planungsunterlagen entnehmen. Zur Ausrichtung der Kabelquerschnitte an den Knickstellen rufen Sie die Funktion "Auto Winkel" auf und beachten, daß die Checkbox "Erlaube Winkel zur xy-Ebene für Kabel" aktiviert ist. Wenn Sie jetzt ins "Standard"-Format wechseln, können Sie die Verbindungen zwischen Kabel und Transformator (bzw. Schaltschranken) konstruieren.

**Hinweis:** Jedes der vorgestellten Verfahren hat Vor- und Nachteile. Welches der Verfahren für Ihren jeweiligen Fall am günstigsten ist, können sie nach einiger Übung selbst entscheiden. **Innerhalb von Stationen ist es meistens am einfachsten mit der Funktion "Kabel konstruieren" zu arbeiten, die extra hierfür bereitgestellt wurde. Als Anschlußkabel der gesamten Station von außen, eignen sich am besten Kabel aus dem "Extended"-Format, da diese am schnellsten in Kabelgräben verlegt werden können.**

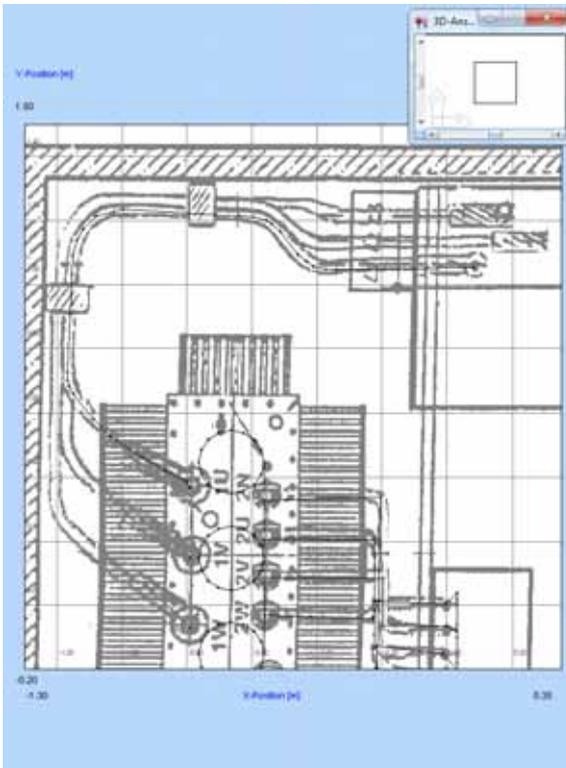


Abb. Verbindung Trafokerze - HV-Einspeisung

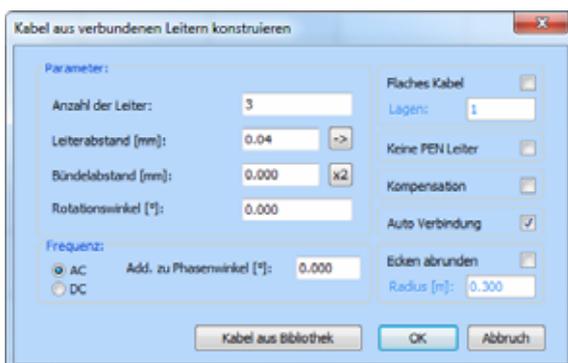


Abb. "Kabel konstruieren" Dialog

### Schritt F): Prüfung der Gesamtgeometrie und Setzen der Ströme

Nachdem Sie die gesamte Netzstation aus den einzelnen Baugruppen und den Verbindungsleitungen zusammengesetzt haben, prüfen wir als nächstes die Geometrie auf Richtigkeit.

Schalten Sie hierzu als erstes wieder auf die Draufsicht des **Konstruktionsfensters** ("**xy-Ebene**"). Prüfen Sie noch einmal genau, ob die einzelnen Baugruppen und Verbindungsleitungen an der richtigen Position liegen. Rufen Sie über das lokale Menü "**3D-Ansichtspunkt**" auf und drehen Sie die Ansichtsebene so, daß Sie einen guten Überblick über die Anlage haben. Begutachten Sie optisch die Konsistenz der Anlage. Zoomen Sie hierzu gegebenenfalls interessante Bereiche.

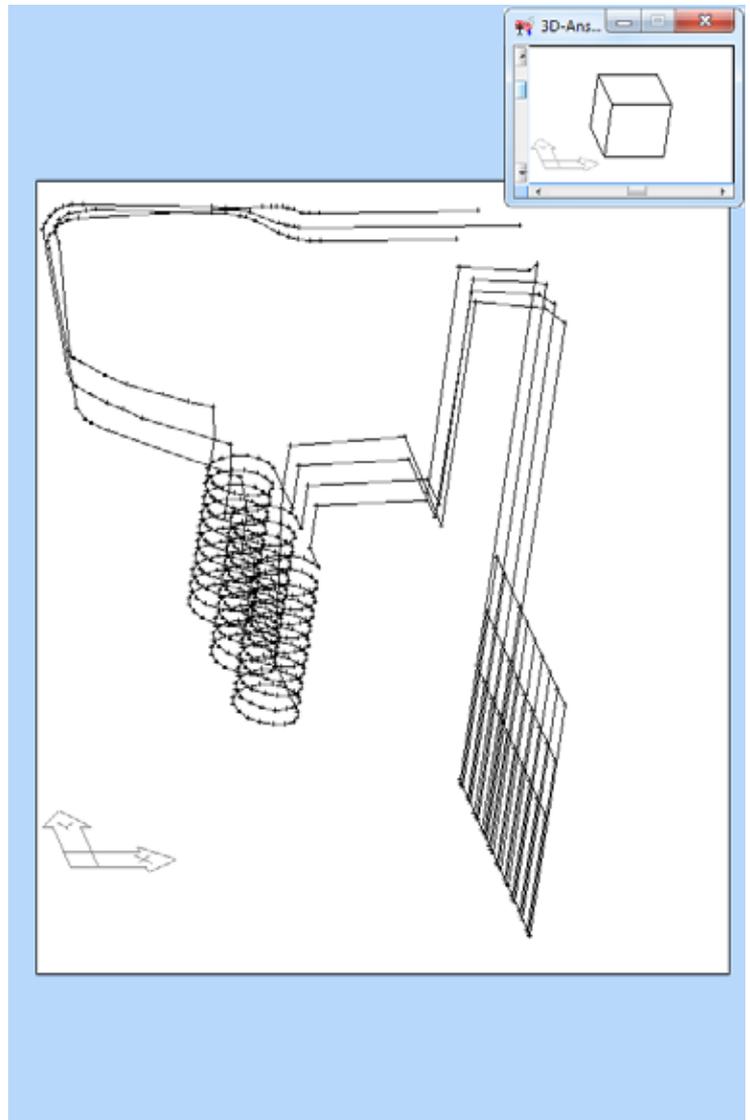


Abb. Komplette Netzstation in 3D-Ansicht

Sollten Sie den Verdacht haben, daß Leiter an bestimmten Positionen nicht verbunden sind, so haben Sie die Möglichkeit dies auf folgende Weise zu überprüfen: halten Sie die Strg-Taste gedrückt. Wenn Sie jetzt mit der Maus einen Leiter selektieren, markiert **EFC-400** nicht nur diesen einen Leiter, sondern zusätzlich alle mit diesem verbundenen. Sollten noch Lücken zwischen Leitern bestehen, schließen Sie diese mit "**strecken**" oder "**verbinden**".

Um die Ströme der gesamten Geometrie zu setzen, dürfen nur die drei Leiter der HV-Einspeisung und die NV-Trafokerzen als aktive Leiter gesetzt sein. Dieses kann man mit "**F4**" leicht überprüfen und gegebenenfalls korrigieren. Diese aktiven Leiter müssen die korrekten Ströme und Phasenlagen etc. aufweisen und richtig orientiert sein, da an ihnen alle anderen Leiter ausgerichtet werden.

Ist die Geometrie soweit fehlerfrei, wird sie komplett markiert und die Funktion "**Kirchhoff Gesetz korrigieren**" aus dem Menü "**Berechnung**" ausgeführt. Diese Funktion setzt automatisch alle Ströme der Geometrie.

Für die Berechnung der Feldstärken ist es zwar nicht unbedingt notwendig, daß die Lücken zwischen allen Leitern geschlossen sind, aber nur dann können Sie sich auf die Funktion "**Kirchhoff Gesetz korrigieren**" und den Test mittels "**Kirchhoff Gesetz prüfen**" aus dem "**Berechnung**" Menü verlassen, den wir im folgenden ausführen wollen. Rufen Sie jetzt "**Kirchhoff Gesetz prüfen**" auf. **EFC-400** markiert daraufhin alle Leiter, an deren Knotenpunkten das Kirchhoff'sche Gesetz nicht erfüllt ist.

Sollten in Ihrer Geometrie Leiter markiert worden sein, so müssen Sie auf diesen die Ströme überprüfen. Dies erfolgt indem Sie mit der rechten Maustaste auf die entsprechenden Leiter klicken und in dem erscheinenden **Spezifikationsdialog** den Strom ablesen. Sollten die Ströme keine Fehler aufweisen, so ist es möglich, daß eventuell die Orientierung der verbundenen Leiter falsch ist. Um dies zu überprüfen, können Sie "**F3**" drücken.



Abb. "**drehen**" Dialog

Sollte auch die Orientierung der Leiter richtig sein, besteht noch die Möglichkeit, daß Spannung, Phase oder Frequenz unterschiedlich sind. Führen Sie hierzu gegebenenfalls erneut die Funktion "**Kirchhoff Gesetz prüfen**" aus und beachten Sie den Dialog der Ihnen auch die Ursachen der Fehler anzeigt. Beheben Sie eventuelle Fehler, indem Sie einzelne oder auch mehrere Leiter selektieren und die falschen Spezifikationen ändern. Bei falscher Orientierung von Leitern drehen Sie diese gegebenenfalls mittels der Funktion "**Drehen/Umdrehen**" um.

Nach Beendigung der Korrekturen ist es sinnvoll, noch einmal alle Leiter zu markieren und die Funktion "**begradigen**" aufzurufen, um jeglichen Durchhang zu beseitigen.

### Schritt G): Berechnung der Feldstärken

Als erstes berechnen wir die Feldstärken auf einer zum Erdboden parallelen Ebene in einer Höhe von 1 m.

Rufen Sie hierzu den "**Berechnungsparameter**" Dialog auf und betätigen den Schalter "**xy-Ebene**" zur Ausrichtung der Ebene. Prüfen Sie in jedem Fall die z-Koordinate. Diese muß einen Wert von 1 m aufweisen. Falls in Ihrem Dialog die Beschriftung "**Startpunkt**" und "**Vektor**" vorhanden ist, wechseln Sie bitte den Modus, indem Sie auf den Schalter "**Modus**" klicken. Daraufhin sollte in Ihrem Dialog die Beschriftung "**Startpunkt**" und "**Endpunkt**" erscheinen. In diesem Falle spezifizieren Sie die Berechnungsebene durch Angabe der zwei gegenüberliegenden Eckpunkte eines Rechtecks. Prüfen Sie jetzt die Schrittweiten dx und dy, die 0,05 m betragen sollten. Stellen Sie andernfalls diese Werte ein. Sollten Sie ein gröberes oder feineres Berechnungsraster wünschen, so können Sie dieses mittels der Schalter "**feiner**" oder "**gröber**" vornehmen. Schließen Sie daraufhin den Dialog mittels "**OK**".

**Hinweis:** Wenn Sie die gesamte Fläche vergrößern wollen, können Sie dieses mittels des Befehls "**verdoppeln**" erzielen.

Vor der Berechnung ist es sinnvoll noch einmal die Berechnungsoptionen zu prüfen. Rufen Sie hierzu "**Optionen | Extended**" auf. Klicken Sie auf den Schalter "**Default**" um die Standardeinstellung zu wählen, die immer zu richtigen Ergebnissen führt. Sollte Ihnen die Berechnungsgeschwindigkeit zu langsam sein, so können Sie gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt die Anzahl der Interpolationspunkte hochsetzen. Aktivieren Sie dann aber auch in jedem Falle "**Dynamische Interpolation**", um die Fehlerkontrolle einzuschalten, falls Sie noch keine Erfahrung im Umgang mit Feldberechnungen haben.

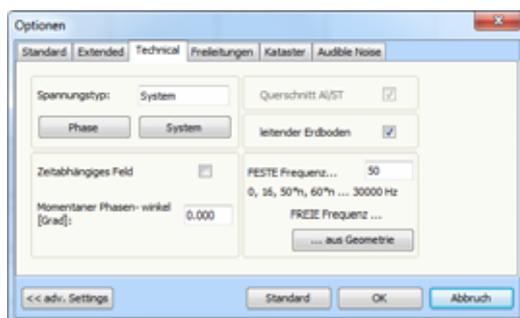


Abb. "technical" Dialog

Öffnen Sie als nächstes "**Optionen | technical**" und klicken wieder auf den Schalter "**Default**". Dies stellt sicher, daß die Frequenz auf 50 Hz fixiert wird und der Spannungstyp auf "**System**" ist. Nun können Sie die Berechnung starten, indem Sie auf den Toolbar-Button "**B**" klicken. Nach Beendigung der Berechnung öffnen Sie die "**2D-Ansicht**". Die Skalierung in der **2D-Ansicht** erfolgte auf den Maximalwert. Um eine Skalierung auf 100  $\mu\text{T}$  zu erhalten, öffnen Sie "**Optionen | Extended**" und geben als "**Max Daten Skalierung**" 100 ein und ändern bitte gegebenenfalls auch die Einheit auf  $\mu\text{T}$ . Öffnen Sie als nächstes "**Optionen | Standard**" und aktivieren den Titel und geben den Namen "Magnetische Flußdichte, 1 m über dem Erdboden, 400 kVA" ein.

Um für den Ausdruck ein anderes Farbschema zu erhalten, rufen Sie bitte den Menüpunkt "**Farben**" aus dem "**Optionen**" Menü auf und wählen z.B. die Konfigurationsdatei "**bluepink**" oder "**blue**" aus. Erstellen Sie jetzt einen Ausdruck, um sich von der Qualität der Ergebnisse zu überzeugen.

**Hinweis:** Dies ist leider nicht mit der Demo-Version möglich.

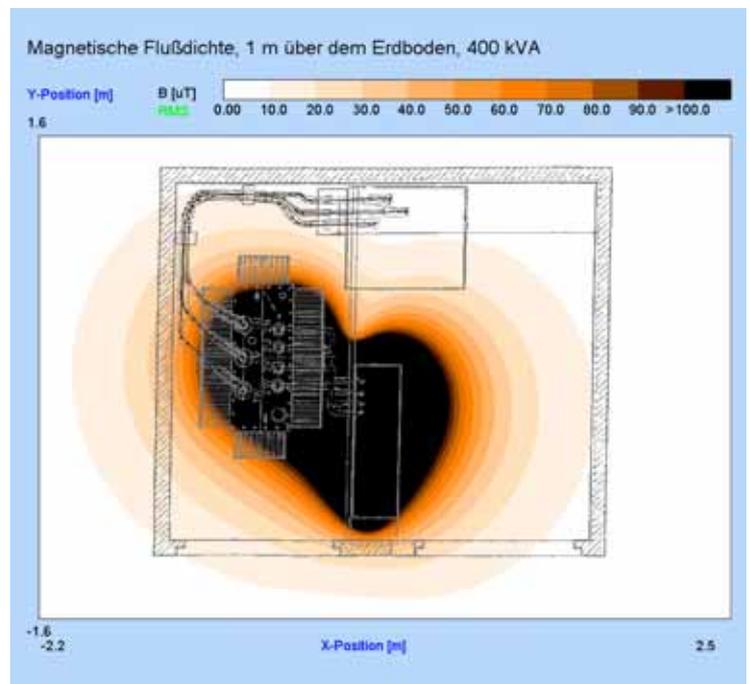


Abb. Darstellung des Berechnungsergebnisses in **2D-Ansicht**

Um die magnetische Flußdichte, wie in den Hinweisen zur Durchführung der 26. BImSchV gefordert, in 20 cm von der Stationswand abzulesen, können Sie über das **lokale Menü** den Cursor aufrufen und diesen unter Betrachtung der Koordinaten zum entsprechenden Abstand bewegen, um anschließend oben links die Flußdichte abzulesen. Selbstverständlich hat dieser Wert nur auf der Höhe von 1 m Gültigkeit.

Für eine vollständige Dokumentation können Sie wie eben beschrieben damit fortfahren, andere Höhen (z.B. 0 m und 2 m) für die Berechnungsebenen einzustellen und erneut einen Ausdruck erstellen. Falls die Station begehbar ist, sollten Sie in jedem Falle auch eine Höhe von 20 cm über dem Dach in Betracht ziehen. Da jedoch auch mit dieser Methode der Maximalwert in 20 cm Abstand von der Gebäudewand übersehen werden kann, ist es sinnvoll zusätzlich mindestens einen vertikalen Schnitt in 20 cm Abstand von der Gebäudewand zu berechnen. Wie Sie an der Draufsicht in 1 m Höhe erkennen können, liegt bei dieser Station das Maximum vor der unteren, vorderen Gebäudewand.

Um eine entsprechende Berechnungsebene einzustellen, messen Sie mit dem Cursor die y-Position der Gebäudewand aus. Diese beträgt ca. -1.20 m. Die Ebene muß folglich bei  $y = -1.4$  m, die y-Achse schneiden. Rufen Sie den Dialog zur Einstellung der Berechnungsparameter auf und klicken Sie auf "**xz-Ebene**". Geben Sie für den Startpunkt der y-Koordinate -1.40 m ein und führen Sie die Berechnung erneut durch. Durch Abmessen mit dem Cursor können Sie

leicht sehen, daß das Maximum auf einer Höhe von 1.20 m über dem Erdboden liegt und etwa 10  $\mu\text{T}$  beträgt.

**Hinweis:** Eine weitere Möglichkeit um die Berechnungsebene an einer bestimmten Stelle vor der Wand zu positionieren bietet sich durch die vorherige Wahl der Koordinaten eines Punktes, um den die Berechnungsebene gedreht werden soll an. In diesem Beispiel selektieren Sie mit dem Cursor die Koordinaten eines Punktes, der in y-Position 20 cm vor der vorderen Gebäudewand liegt. Dieser Punkt muß also bei  $y = -1.4$  m liegen. Rufen Sie den Dialog zur Einstellung der Berechnungsparameter auf und klicken Sie auf "**xz-Ebene**". Jetzt wird die Ebene automatisch um diese selektierte Koordinate gedreht.

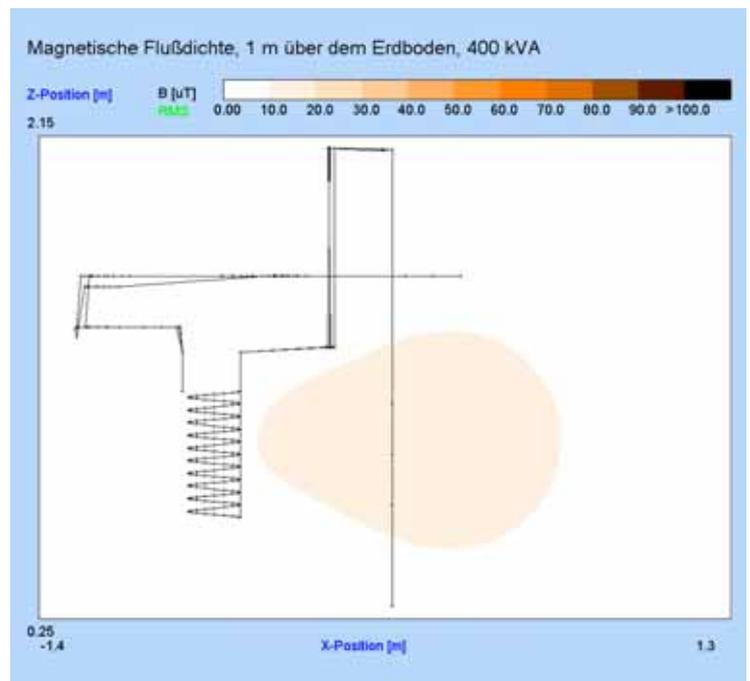


Abb. Vertikaler Schnitt in 20 cm Abstand vor der Gebäudewand

Wenn Sie auf diese Weise auch noch die anderen drei Ebenen vor den Außenwänden berechnen, ist Ihre Dokumentation der Netzstation praktisch vollständig abgeschlossen.

## 18. Sonderfunktionen

### 18.1 Selektion von Koordinaten per Maus

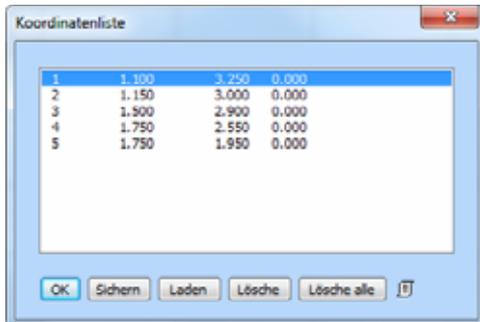


Abb. Koordinatenliste

**EFC-400** verwaltet eine Liste von Koordinaten, die Sie per Maus auswählen und für die Erzeugung von Objekten verwenden können.

Es existieren folgende Auswahlmöglichkeiten:

**freie Mausposition**

**Mausposition mit Fangraster**

**Selektion der Start/Endkoordinaten von Leitern**

**Direkte Selektion von Leiterkoordinaten in 3D**

Die Wahl der Selektionsmethode erfolgt mit dem Menüpunkt **Werkzeuge | KOORDINATEN**. Koordinaten lassen sich in den Ansichten "2D", "Iso" und "Konstruktion" selektieren, indem Sie **Werkzeuge | KOORDINATEN SELEKTIEREN** wählen, oder das "lokale Menü" über einen rechten Mausklick in den entsprechenden Fenstern aufrufen und **KOORDINATEN SELEKTIEREN** ausführen. Daraufhin erscheint der Cursor einschließlich der Koordinatenanzeige. Mit einem linken Mausklick wird die Koordinate in die Liste übernommen. An der Position des Mausklicks verbleiben rote Markierungen bis zum nächsten Neuzeichnen.

Wurde die Selektion von Objektstart- / Endpunkten voreingestellt, bleibt die beschriebene Methode ebenfalls verfügbar, solange kein Objekt markiert ist. Haben Sie Objekte markiert, werden die Start/Endpunkte mit **KOORDINATEN SELEKTIEREN** direkt übernommen, ohne daß der Cursor erscheint.

Durch Einstellen eines Fang Rasters werden die frei per Cursor selektierten Positionen entsprechend gerundet. Start/Endpunkte von Objekten bleiben hiervon unberührt.

**Hinweis:** In der 3D-Ansicht der Konstruktion können Koordinaten von Objekten selektiert werden. Obwohl die Selektion von freien Koordinaten mit dem Cursor unter einem 3D-Ansichtspunkt undefiniert ist, so ist doch die Selektion von Objekt End- und Startpunkten sinnvoll. Wenn Sie in der 3D-Ansicht "Koordinaten Selektieren" aufrufen, erscheint deshalb ein quadratischer Cursor, mit dem Sie Start- und Endpunkte von Objekten direkt anwählen können. Das bisherige Verfahren der Aktivierung von "Selektiere Startpunkte" oder "Selektiere Endpunkte" vor der Koordinatenanwahl kann damit entfallen, obwohl es nach wie vor zur Verfügung steht.

Die Koordinatenliste kann bei der Erzeugung folgender Objekte eingesetzt werden:

**Transmittieren, Leitern und Masten**

**Zeichnen von Polylinien**

**Einfügen von Blöcken**

**Einfügen von Geometrien**

**Erzeugen von Gebäuden**

**Einfügen von Meßdaten**

In den entsprechenden Dialogen befindet sich ein **KOORDINATEN** Button, der die Koordinatenliste aufruft. Durch Markieren eines Listeneintrages und Bestätigung mit

OK, wird dieser zugewiesen. **WÄHLE ALLE** übernimmt bei Polylinien die gesamte Liste - bei Masten nur in soweit, wie noch folgende Masten ab dem aktuell selektierten Masten in der Trasse vorhanden sind.

In der Praxis bietet dies folgende Vereinfachung:

**Beispiel 1:** Erzeugen Sie eine neue Geometrie. Laden Sie die Hintergrundkarte des Geländes. Selektieren Sie die Koordinaten der Masten direkt aus der Karte. Erzeugen Sie die gewünschte Anzahl von Masten. Weisen Sie mit **WÄHLE ALLE** die gesamte Koordinatenliste an die Mastpositionen zu.

**Beispiel 2:** Beim Aufbau einer Schaltanlage haben Sie bereits die Sammelschiene und die Abgänge erstellt. Alle typischen Anlagenbauteile sind als Blöcke definiert. Wählen Sie die Einfügepunkte der Bauteile als Start/Endpunkte der bereits vorhandenen Geometrie in die Koordinatenliste und fügen Sie Bauteil für Bauteil zusammen.

### Konstruktionshilfen

Hilfreich sind die Funktionen F8 - "ortho AN/AUS" und F9 - "Fang Raster AN/AUS".

Das Fang Raster ist in einer beliebigen 3D-Ansicht des Konstruktionsfensters aktivierbar, wird jedoch nur in der Draufsicht angezeigt.

### Direktes Arbeiten per Maus

Bei vielen Funktionen haben Sie die Möglichkeit, die Koordinaten manuell einzugeben oder per Maus zu wählen. Am Ende der Toolbar befinden sich zwei Button mit denen Sie entscheiden können, ob Sie Befehle direkt per Maus ausführen möchten oder ob die Möglichkeit der Koordinateneingabe weiterhin bestehen soll. Durch einfaches Klicken auf die entsprechenden Toolbar-Button entscheiden Sie selbst über den aktiven Modus.



Abb. Direkter Maus-Modus

**Hinweis:** Wenn Sie Hochspannungsfreileitungen, Polylinien etc. mit Hilfe der Koordinatenliste konstruieren, bleiben die Punkte für den späteren Gebrauch in der Liste erhalten. Gegebenenfalls können die Einträge in der Liste manuell entfernt werden. Wenn Sie sicher sind, daß die Punkte nach einer Aktion nicht mehr gebraucht werden, aktivieren Sie den Menüpunkt "Liste automatisch löschen" im Untermenü "Koordinaten".

## 18.2 Calculator

Mit dem Menüpunkt "**Calculator**" im Menü **Werkzeuge** kann ein kompakter Taschenrechner aufgerufen werden. Sollten Sie einen anderen Rechner favorisieren, können Sie diesen anstelle des **EFC-400** Taschenrechners (WFCALC.EXE) einbinden.

## 18.3 Integrierter Editor

Mit dem Menüpunkt "**Editor**" im Menü **Werkzeuge** kann ein Editor z.B. zum Bearbeiten von Batch-Dateien aufgerufen werden. Der Editor "WFEDIT.EXE" kann durch einen anderen Editor Ihrer Wahl ersetzt werden.

## 18.4 DXF Objekt Filter

Das Programm DXFilter.exe ermöglicht es Ihnen, Objekte unterhalb einer vorgegebenen Mindestgröße aus DXF Dateien zu entfernen. Dies ist sinnvoll, wenn Sie gescannte DXF Hintergrundkarten in **EFC-400** laden wollen, da diese, durch das Scannen bedingt, sehr groß werden können. DXFilter.exe entfernt alle Objekte unterhalb der Mindestgröße und reduziert den Speicherumfang erheblich. Falls Sie mehrere Dateien auswählen, werden diese zudem zu einer Ausgabedatei verbunden!

## 18.5 WF Paint-Tool

Das mit **EFC-400** ausgelieferte Programm **WF Paint-Tool** ermöglicht die Nachbearbeitung (z.B. zusätzliche Beschriftung) von Grafiken. Wenn Sie PAINT im Menü **Werkzeuge** aufrufen, wird das aktive Grafikenfenster direkt übernommen. **Paint-Tool** ist ein einfaches, jedoch sehr schnelles Programm. Wie bei allen **EFC-400** Tools steht es Ihnen frei, ein anderes Programm Ihrer Wahl einzubinden. Sofern Ihr bevorzugtes Grafik-Programm die Angabe einer Bitmap als Kommandozeilenparameter erlaubt, öffnet diese ebenfalls automatisch die aktive **EFC-400** Grafik.

## 18.6 Assistent

EFC-400 verfügt über einen Assistenten, der Sie in der Durchführung von Anwendungsfällen, wie z.B. Freileitungen, Kabelgräben oder Netzstationen unterstützt. Der Assistent wird automatisch beim Start von EFC-400 und beim Öffnen eines neuen Projektes geöffnet und enthält eine Kurzanleitung der durchzuführenden Schritte. Abgeschaltet werden kann der Assistent unter "Optionen | Desktop | Assistent bei Neu".

## 18.7 Undo

EFC-400 beherrscht maximal 9999 Undo- und Redo-Level. Die Voreinstellung sind 50 Undo/Redo-Level. Für die meisten Anwendungsfälle wird dieses genügen. Sollten Sie eine höhere Anzahl von Undo/Redo-Level wünschen, können Sie dieses in der EFC-400.Ini Datei ändern.

## 18.8 Auto Recover

EFC-400 verfügt über eine "Auto Recover" Funktion. D.h., sollte das Programm bei der Konstruktion abstürzen, wird beim nächsten Start automatisch der letzte Konstruktionszustand wieder hergestellt.

**Hinweis:** Wenn Sie das neue Release soeben installiert haben und EFC-400 das erste mal starten, wird die "Auto Recover" Funktion aktiviert und es erscheint eine Meldung mit der zuletzt von Ihnen bearbeiteten Geometrie. Schließen Sie bitte EFC-400 und starten EFC-400 erneut. Ab sofort steht Ihnen damit die neue Recover Funktion zur Verfügung.

## 18.9 Menü-Sprache

Das Hauptmenü liegt derzeit zweisprachig vor, d.h. in Deutsch und Englisch. Unter "Optionen | Sprache" können Sie die Sprache umschalten.

**Hinweis:** Die Sprachanweisungen werden vollständig aus DLL's geladen. Sollte es auf Ihrer Plattform zu Unstabilitäten kommen, können Sie dieses vermeiden und auf die in der Hauptapplikation vorhandenen Strings zurückgreifen, indem Sie entweder a) die DLL's mit der Bezeichnung "lang\_us.dll" und "lang\_gr.dll" löschen oder b) die Option "Nicht für Dialoge" aktivieren, wodurch ein Laden der DLL's verhindert wird.

## 18.10 HTML veröffentlichen

Mit diesem Befehl können Sie Ihre Bilder in Form einer HTML-Seite ausgeben. Die Ergebnisse befinden sich im EFC-400 Unterverzeichnis "html".

### **18.11 CD veröffentlichen**

"CD veröffentlichen" erlaubt Ihnen die Veröffentlichung von CD's in der Art wie "Fields in Eastern Berlin V1.0". Sie wählen die Projektdaten aus, die Sie gerne auf CD haben möchten und EFC-400 erstellt für Sie das CD-ROM Verzeichnis "EFC-400\temp\cd\_rom". Den Inhalt dieses Verzeichnisses brauchen Sie lediglich noch auf CD kopieren, um eine selbststartende Demo zu erhalten.

### **18.12 Letzter Befehl**

Befehle können mit F2 wiederholt werden.

## 19. Anhang A:

### 19.1 Datenformate

#### 1) Dateitypen

##### Beschreibung der Dateitypen

EFC-400.EXE	Hauptprogramm
EFC-400.CFG	Standard Konfigurationsdatei
EFC-400.HLP	Hilfe-Datei
INSTALL.EXE	Installationsprogramm
READ.ME	Info-Datei
SETTIME.EXE	Tool zur Datumsänderung
BFC.EXE	Run-Only Kommandozeilenversion

Dateien mit der Extension:

*.GEO	Geometriedaten der Leiter
*.B	berechnete B-Felddaten (komplett oder RMS)
*.BP	berechnete B-Felddaten (Peak)
*.E	berechnete E-Felddaten (komplett oder RMS)
*.EP	berechnete E-Felddaten (Peak)
*.PRO	Bodenprofildaten
*.TMP	temporär abgespeicherte Berechnungsdaten
*.REF	Referenzpunkt JPG-,PCX-Map
*.PCX	PCX-Bitmap
*.JPG	JPEG-Bitmap
*.WMF	Windows Meta File Format
*.TOW	Tower-Geometrie
*.LIB	aktuelle Library-Pfade
*.ICO	EFC-400-Icon
*.DXF	Drawing Exchange Format
*.BAK	Backup-Datensatz
*.CFG	Konfigurationsdateien
*.LOG	Log-Datei
*.TAB	Tabellen
*.DOC	Dokumente
*.INI	Initialisierungsdatei
*.BKL	aktuelle Blocklibrary Pfade
*.XML	XML Datenbank
*.MES	Meßdatenarray
*.IFO	Project Info
*.RPT	Report
*.SBK	ToolBook Daten
*.TBK	ToolBook Daten

## 2) GEO-Format

Die Geodateien von **EFC-400** sind **ASCII-Dateien** und können mit jedem Texteditor bearbeitet werden. Sie enthalten im Dateikopf die Definition des Berechnungsfeldes, der Interpolationspunkte und der Segmentierung. Anschließend folgen die Geometrieelemente, die in 3 Abschnitte unterteilt sind:

- a) Leiter und Erdseile
- b) Tower-Segmente
- c) Tower-Parameter

Auszug der Datei '3TOWERS':

```

calculation startpoint      -100.000  -400.000   1.000      [m]
direction vector           2.000      0.000      0.000      [m]
number of points           101
shift in y-direction       25.000      [m]
number of rows             33

interpolation points       0
segments per conductor     1

no. of conductors          14

phase conductor no. 1
startcoordinates           -7.750      0.000      23.970      [m]
endcoordinates             -7.750      320.000    23.970      [m]
height at midspan         11.970      [m]
current, phase            1000.000    0.000      [A]
voltage                   380.000      [kV]
number of subropes        4
rope-radius               10.000      [mm]
distance of subropes      0.400      [m]
al/st, frequency          0.000      0.000      0.000      [Hz]
start, end tower no.     0
system no.                0

no. of tower segments      18

tower segment no. 15
tower no.                  1
startcoordinates           -0.250     -0.250     27.700      [m]
endcoordinates             -2.500     -2.500     0.000      [m]

no. of towers              3

tower no.                  1
type no., name             STANDARD\PCX\220EE_G.PCX
                           5 220 kV - Einebene
coordinates                0.000      0.000      0.000      [m]
base side length           5.000      [m]
tower height               27.700      [m]
angle                      0.000
tower feet                 4
no. traverse grider        2
grider height, width       19.800     -17.500    [m]
grider height, width       19.800      17.500    [m]

```

### 3) CFG-Format

Die Konfigurationsdateien von **EFC-400** enthalten sämtliche Einstellungen, Farben, etc.

Der Dateikopf gleicht dem GEO-Format. Die Angaben in einer GEO-Datei haben jedoch Vorrang. Es folgen allgemeine Einstellungen und Optionen.

Ausdruck der Datei 'SPECTRAL.CFG':

```

segments per conductor      1
calculation startpoint     -50.000  -50.000  1.000
direction vector           1.000    0.000  0.000
number of points           101
shift in y-direction       20.000
number of rows             21

interpolation points       0

frame on/off               ON
grid on/off                ON

printer                    DESKJET

StartUpDirectory           D:\BF_LT

colorpalette               SPECTRAL

background color           WHITE
window color               BLACK
hotkey color               RED
text color                 BLACK
data color                 BLUE
units color                DARKBLUE

max data scaling           0.000
show ropes on/off         ON

user plot color 0          0
user plot color 1          1
user plot color 2          2
user plot color 3          3
user plot color 4          4
user plot color 5          5
user plot color 6          11
user plot color 7          12
user plot color 8          13
user plot color 9          15

command delaytime ms      0
print graphics only       OFF
titel on/off              OFF
titel

dynamic interpolation      OFF
auto segments             OFF
sparse matrix inversion   OFF
distance limit            0

frequency                  50
crosssection Al/St        OFF
voltage                    SYSTEM
conductiv ground          ON
signed field components   OFF
export 3d data as         4D-PLOT

calculate tower region    OFF
segments per tower        AUTO
extended geometry format  OFF

emission frame            OFF
proportional frame view   OFF
view ground profile       OFF
geometry coordinates      ABSOLUTE

```

#### 4) PRO-Format

Die **PRO**-Dateien definieren Bodenprofile und bestehen aus einer **ASCII-Tabelle**, deren Format im Kapitel **DATEN LADEN/BODENPROFILE** beschrieben ist.

Auszug aus der Datei 'PLUS\_4M.PRO':

X\Y[m]	0	20	40	60	80	100
-200	4	4	4	4	4	4
-180	4	4	4	4	4	4
-160	4	4	4	4	4	4
-140	4	4	4	4	4	4
-120	4	4	4	4	4	4
-100	4	4	4	4	4	4
-80	4	4	4	4	4	4
-60	4	4	4	4	4	4
-40	4	4	4	4	4	4
-20	4	4	4	4	4	4
0	4	4	4	4	4	4
20	4	4	4	4	4	4
40	4	4	4	4	4	4
60	4	4	4	4	4	4
80	4	4	4	4	4	4
100	4	4	4	4	4	4
120	4	4	4	4	4	4
140	4	4	4	4	4	4
160	4	4	4	4	4	4

#### 5) ASCII Export

Exportfiles im Format **ASCII** enthalten Tabellen, die sofort, d.h. ohne zusätzliche Nachbearbeitung in **MS-EXCEL™** eingelesen werden können (Zahlen sind durch <TAB> getrennt, Zeilenende mit <Enter>).

Wenn Sie die über einem Raster berechnete magnetische Flußdichte exportieren, schreibt **EFC-400** ein Array in die Datei. Im Falle eines einzelnen Berechnungsprofiles sieht die Datei wie folgt aus:

x[m]	B[uT]
-50.0	1.766
-48.0	1.920
-46.0	2.095
-44.0	2.292
-42.0	2.517
-40.0	2.774
-38.0	3.069
-36.0	3.408
-34.0	3.799
-32.0	4.253
-30.0	4.780
-28.0	5.393
-26.0	6.102
-24.0	6.916
-22.0	7.835
-20.0	8.840
-18.0	9.883
-16.0	10.877
-14.0	11.709
-12.0	12.260
-10.0	12.440
-8.0	12.223
-6.0	11.685
-4.0	11.017
-2.0	10.471
0.0	10.261

## 6) DXF Export

Exportfiles im **DXF-Format** sind auf **AutoCad™** (> R12.0) zugeschnitten. Sie enthalten einen Header, dem die Auflistung der **ISO-Linien** als Polyline folgt. Der Header wird aus der Datei EFC-400.DXF entnommen. Diese Datei ist nichts anderes als ein leeres **AutoCad™** Zeichenblatt, das bereits Layerdefinitionen enthält und im **DXF-Format** exportiert wurde. Der Anwender kann diese Datei durch eigene Dateien ersetzen.

Die Polylinien haben folgende Form:

```
SECTION
 2
ENTITIES
0
POLYLINE
8
7
66
1
10
0.0
20
0.0
30
0.0
VERTEX
8
7
10
6.040
20
130.000
30
0.0
0
VERTEX
8
7
10
7.000
20
124.676
30
0.0
0
.....
SEQEND
8
0
0
ENDSEC
0
EOF
```

## 7) 4D-Farb-Array (TXT)

Das Exportfile besteht aus 2 Arrays. Im ersten Block steht das Berechnungsfeld (die Koordinaten der Aufpunkte). Im zweiten Block stehen die Feldstärken.

Dateiauszug:

B[uT]	-50.0	20.0	90.0	160.0	230.0	300.0
-50.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-45.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-40.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-35.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-30.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-25.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-20.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-15.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-10.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-5.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
-0.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
25.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
30.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
35.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
40.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
45.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
50.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0.156	1.148	1.676	1.766	1.676	1.148
0	0.158	1.408	2.068	2.191	2.068	1.408
0	0.158	1.747	2.595	2.774	2.595	1.747
0	0.157	2.185	3.313	3.596	3.313	2.185
0	0.153	2.734	4.296	4.780	4.296	2.734
0	0.147	3.378	5.615	6.495	5.615	3.378
0	0.139	4.052	7.230	8.840	7.230	4.052
0	0.130	4.631	8.766	11.321	8.766	4.631
0	0.121	5.001	9.489	12.440	9.489	5.001
0	0.115	5.143	9.118	11.352	9.118	5.143
0	0.112	5.163	8.682	10.261	8.682	5.163
0	0.115	5.143	9.118	11.352	9.118	5.143
0	0.121	5.001	9.489	12.440	9.489	5.001
0	0.130	4.631	8.766	11.321	8.766	4.631
0	0.139	4.052	7.230	8.840	7.230	4.052
0	0.147	3.378	5.615	6.495	5.615	3.378
0	0.153	2.734	4.296	4.780	4.296	2.734
0	0.157	2.185	3.313	3.596	3.313	2.185
0	0.158	1.747	2.595	2.774	2.595	1.747
0	0.158	1.408	2.068	2.191	2.068	1.408
0	0.156	1.148	1.676	1.766	1.676	1.148

## 8) Vektor Export (TXT)

Das Exportfile besteht aus einer 6-spaltigen Tabelle. Die ersten drei Spalten enthalten die Koordinaten des Aufpunktes. In den drei weiteren Spalten stehen die XYZ-Komponenten des Feldstärkevektors.

Dateiauszug:

x[m]	y[m]	z[m]	Bx[uT]	By[uT]	Bz[uT]
-50.0	-50.0	1.0	-0.095	0.000	-0.099
-50.0	-30.0	1.0	-0.155	0.000	-0.192
-50.0	-10.0	1.0	-0.282	0.000	-0.334
-50.0	10.0	1.0	-0.493	0.000	-0.470
-50.0	30.0	1.0	-0.708	0.000	-0.557
-50.0	50.0	1.0	-0.871	0.000	-0.583
-50.0	70.0	1.0	-0.987	0.000	-0.564
-50.0	90.0	1.0	-1.066	0.000	-0.526

## 19.2 Shortcuts

F1	HTML-Hilfe
Shift+F1	Hilfe
F2	Letzter Befehl
F3	Objekt Richtung
F4	aktive zeigen
F5	farbige Phasen
F6	Fang Cursor
F7	zeige Gebäude/Gehäuse
F8	Ortho an/aus
F9	Fang Raster an/aus
F10	Alle wählen
F11	Alle freigeben
F12	letzte Auswahl
Ins	Neues Objekt
Del	Löschen
Shift+Ins, Strg+C	Zwischenablage
Ctrl+O	Öffnen
Ctrl+S	Speichern
Ctrl+D	Daten speichern
Ctrl+A	Alles selektieren
Ctrl+P	Drucken
Ctrl+V, Ctrl+X	Schieben
Ctrl+C	Kopieren
Ctrl+I	Geometrie einfügen
Ctrl+G	Bodenprofil laden
Ctrl+M	Hintergrundkarte laden
Ctrl+L	Library
Ctrl+T	Tower
Ctrl+R	Redraw
Ctrl+N	Berechnungsparameter
Ctrl+U, Ctrl+Z	Undo
Ctrl+Y	Redo
Ctrl+B	B-Feld
Ctrl+E	E-Feld
Shift+Ctrl+A	Zoom alles
Shift+Ctrl+P	Zoom vorher
Shift+Ctrl+U, Shift+Ctrl+Z	Redo
Shift+Ctrl+V	3D-Ansichtspunkt
Shift+Ctrl+S	Koordinaten selektieren
Shift+Ctrl+C	Koordinaten Liste löschen
Shift+Ctrl+B	External Job B-Feld
Shift+Ctrl+E	External Job E-Feld
Alt+Shift+Ctrl+M	Verbundene Objekte markieren
Alt+Shift+Ctrl+B	Blöcke markieren
Alt+Shift+Ctrl+S	Start Punkt fangen
Alt+Shift+Ctrl+E	End Punkt fangen
Alt+Shift+Ctrl+A	Alles selektieren
Alt+Shift+Ctrl+R	Alles freigeben
Alt+Shift+Ctrl+L	Letzte Auswahl
Left Mouse Button	Elemente wählen Spalten wählen Objekte wählen Wählen per Fenster
Ctrl + Left Mouse Button	Verbundene selektieren
Shift + Left Mouse Button	Blöcke selektieren
Right Mouse Button	Kontext Menu Objekt Parameter
Double Click	Alles selektieren/freigeben

## 19.3 Fehlerbetrachtung

Die Theorie der Berechnung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder ist in den ersten Kapiteln des EFC-400 Handbuches ausführlich beschrieben. Die zugrundeliegenden Formeln sind die exakten analytischen Lösungen für geradlinige Leiter endlicher Ausdehnung (Biot-Savart).

### 1. Analytische Fehler

Mögliche Fehler bei der Umsetzung der Formeln innerhalb der Software können wie folgt aufgeschlüsselt werden:

#### 1.a Fehler, die bei der Berechnung der Grundelemente, d.h. gerader Leiter, durch Rundung oder Softwarefehler (Programmierung falscher Formeln) entstehen

Eventuelle Differenzen wurden durch einen Vergleich der analytischen Formeln mit den Berechnungsergebnissen der Software in 1 m Abstand von geraden Leitern bestimmt. Für Leiter einer Länge von 1 mm bis 10E+6 km beträgt die maximale Ungenauigkeit:

magnetische Flußdichte - 1E-7  
elektrische Feldstärke - 1E-6

**Hinweis:** Der Fehler von 1E-7 ist durch das numerische Zahlenformat (single mit 7-8 signifikanten Stellen) bedingt. Bei der elektrischen Feldstärke ist der Fehler um eine Größenordnung höher, weil bei der Matrixinversion zur Bestimmung der Ersatzladungen sehr viele (n hoch 3) Operationen durchgeführt werden.

#### 1.b Fehler, die durch die Segmentierung der Grundelemente entstehen

Hierzu wurde ein Leiter mit einer Länge von 1 km wie unter 1.a betrachtet und in 1 bis 1000 Segmente unterteilt. Der maximale Fehler beträgt:

magnetische Flußdichte - 1E-7  
elektrische Feldstärke - 1E-6

#### 1.c Fehler durch Nachbildung komplexer Elemente aus den Grundelementen

Das Verhalten kann anhand von Kreisringen und Spulen überprüft werden, für deren Magnetfeld einfache analytische Formeln bekannt sind. Beide Elemente werden von EFC-400 durch eine Zerlegung in gerade Leiter nachgebildet.

Im Inneren eines Kreisringes mit 1 m Radius, der von einem Strom von 1 A durchflossen wird, herrscht eine magnetische Flußdichte von  $0.6283185 \mu\text{T}$ . Je nach Segmentierung wurden mit EFC-400 folgende Werte berechnet:

<i>Segmente</i>	<i>B [<math>\mu\text{T}</math>]</i>	<i>Fehler %</i>
8	0.663	5.23076923
16	0.637	1.36263736
32	0.631	0.42472266
64	0.629	0.10810811
128	0.628	0.05095541

Die gleiche Betrachtung für eine Spule mit einem Radius und einer Länge von 1 m sowie einer Windungszahl von 10 führt zu einer magnetischen Flußdichte von  $0.56198517 \mu\text{T}$  im Spulenmittelpunkt, während mit EFC-400 folgende Werte berechnet wurden:

<i>Segmente</i>	<i>B [<math>\mu\text{T}</math>]</i>	<i>Fehler %</i>
16	0.565	0.53359823
32	0.562	0.00263879
64	0.56184	0.02583832
128	0.561835	0.02672849
1024	0.561997	0.00210499

## 2. Numerische Fehler

Neben den beschriebenen methodischen Fehlern besteht die Möglichkeit, daß sich diese durch die Vielzahl von Berechnungsprozessen numerisch addieren:

### 2.a Fehler, die durch Addition der Teilfelder mehrerer Leiter entstehen

Zur Überprüfung wurde ein einzelner Leiter durch 10000 exakte Kopien ersetzt, die jedoch nur  $1/10000$  des Stromes führten. Das Magnetfeld wurde für mehrere Längen verglichen, wobei der Fehler max.  $1\text{E-}7$  betrug.

Auch bei zusätzlicher Segmentierung in 1000 Teileiter, was einer Addition von  $1\text{E}+7$  Feldanteilen in jedem Raumpunkt entspricht, betrug der Fehler max.  $1\text{E-}7$ .

Für die elektrische Feldstärke kann dieser Test nicht durchgeführt werden, da die Leiter hier nicht an der selben Position liegen dürfen.

## 2.b Fehler bei Addition der komplexen Feldanteile

Wenn sich zwei Leiter mit entgegengesetzten Strömen und gleichen Phasen oder mit gleichen Strömen und entgegengesetzten Phasen oder drei Leiter mit gleichen Strömen und um  $120^\circ$  verschobenen Phasen an der selben Position befinden, muß das Gesamtfeld verschwinden. Für eine derartige Anordnung von 15000 Leitern betrug der Restfeldanteil  $1E-7$ .

## 3. Fehler durch die Modellnachbildung

Die Berechnung der Feldstärken setzt die Bildung eines Modells aus den von EFC-400 zur Verfügung gestellten Grundelementen voraus, das folgende Fehler beinhalten kann:

### 3.a Fehler durch nicht-kreisförmige Leiterquerschnitte

Das Grundelement der Berechnung ist ein linienförmiger Leiter ohne räumliche Ausdehnung. Das Magnetfeld in der Umgebung eines ausgedehnten kreisförmigen Leiters entspricht jedoch aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten dem eines Linienleiters (Bemerkung: Dies gilt nicht für das elektrische Feld!). Die Ausdehnung begrenzt lediglich die maximale Feldstärke, welche an der Leiteroberfläche auftritt, da die magnetische Flußdichte im Inneren des Leiter abnimmt bzw. die elektrische Feldstärke null ist.

Wenn die Form des Leiterquerschnittes vom Kreis abweicht gilt diese Äquivalenz jedoch nicht mehr in unmittelbarer Nähe der Leiteroberfläche. Für Betrachtungen im Nahbereich müssen Leiter, die nicht kreisförmig sind, durch mehrere linienförmige Leiter nachgebildet werden. In der Praxis ist dieses Verfahren jedoch meistens überflüssig. Vergleicht man z.B. das Magnetfeld von drei Stromschienen des Querschnittes  $2 \times 6$  cm in einem Abstand von 10 cm, mit dem von 3 Linienleitern gleichen Abstandes, so ist in bereits 5 cm Entfernung von der Anordnung kein nennenswerter Unterschied mehr vorhanden.

Für die im Umweltbereich relevanten Abstände ist die Form des Leiters nicht von Bedeutung. Dies trifft auch auf Bündelleiter zu, die zur Berechnung der elektrischen Feldstärke ohnehin durch einen Ersatzradius dargestellt werden. Will man die Randfeldstärken am Bündelleiter berechnen, so erhält man gute Resultate, indem man jeden einzelnen Leiter des Bündels explizit erzeugt.

### **3.b Fehler bei der Zusammensetzung einer Anlage aus einzelnen Grundelementen**

Es konnte bereits gezeigt werden, daß die an den Grundelementen berechneten Feldstärken in Übereinstimmung mit den analytischen Formeln stehen. Da dies auch für komplexe Baugruppen wie z.B. Spulen aus mehreren 1000 Leitern zutrifft, besteht kein Grund zu der Annahme, daß dies nicht auch bei einer beliebigen Anordnung von Leitern gelten sollte. Eine Spule mit 10 Windungen und 1024 Teilleitern je Windung besteht praktisch aus einer Anordnung von beliebigen Leitern, obwohl der Anwender eine gewisse Ordnung erkennt.

### **3.c Fehler durch Vernachlässigung der Materialeigenschaften und der Induktion**

Dieser Sachverhalt ist bereits in den ersten Kapiteln des Handbuches beschrieben. An dieser Stelle sei nur ergänzt, daß die Berechnung der magnetischen Flußdichte ohne den schirmenden Materialeinfluß immer den worst-case darstellt. Direkt an den Kanten ins Feld eingebrachter Metallteile kann die Flußdichte zwar auch erhöht sein, es handelt sich jedoch nur um lokal begrenzte Effekte.

In der Praxis führen Metalle immer dazu, daß Streufelder reduziert werden, was bekanntlich der Grund für den Einsatz von Kernen aus Weicheisen, Ferrit oder Dynamoblech ist. Im Nahfeld wird der Fluß gezielt entlang des gewünschten Weges geführt, um Streufelder sowie die damit verbundenen Verluste zu vermeiden. Die Folge ist die Reduktion des Fernfeldes im für die Umwelt relevanten Bereich.

Aus Gründen der Symmetrie gleicht das Fernfeld in seiner Form dem Feld ohne Materialeinfluß. Falls es erforderlich sein sollte, kann der Materialeinfluß auf die Flußdichten im Fernfeld deshalb in erster Näherung durch einen isotropen Schirmfaktor berücksichtigt werden.

### **3.d Fehler durch unvollständige Angaben**

Bei der Simulation von Anlagen ist es möglich, daß dem Modell falsche Annahmen zugrunde liegen. Der Anwender glaubt, z.B. aus Bequemlichkeit, auf die Konstruktion eines Bauteils verzichten zu können, weil dieses nach seiner Meinung keine nennenswerten Feldbeiträge erzeugt.

Der Fehler hierbei liegt gerade darin, daß der Anwender denkt, die Erhöhung der Feldstärken durch den vernachlässigten Teil ist gering. Da Felder vektoriell addiert werden, kann es jedoch sein, daß gerade dieser Teil an bestimmten Orten eine deutliche Reduktion des Feldes hervorruft. Übereinstimmung mit Messung oder Berechnung anderer Anwender kann auf diese Weise natürlich nicht erzielt werden.

## 4. Vergleich der Berechnungen mit Messungen

Grundsätzlich sind Messungen nicht dazu geeignet, um die Berechnungsmethode von EFC-400 zu überprüfen. Verglichen werden kann lediglich, ob das vom Nutzer gewählte Modell, bzw. die erstellte Konstruktion, für den beabsichtigten Anwendungsfall ausreichende Genauigkeit bietet.

Dieser Sachverhalt besteht, weil EFC-400 für die Berechnung analytische Formeln (Biot-Savart) einsetzt. Auf der Basis dieser physikalisch grundlegenden Gesetzmäßigkeiten ist die SI-Einheit A bestimmt. Die Eichung eines Meßgerätes für elektrische oder magnetische Feldstärken kann niemals die Qualität der exakten Gesetzmäßigkeit erzielen, da insbesondere gerade auch Kalibrationseinrichtungen nach diesen Gesetzmäßigkeiten ausgelegt werden.

Dennoch liegen aus der Praxis viele Vergleiche zwischen Messungen und Berechnungen vor, zumal auch die Mehrheit der Anwender eigene Untersuchungen durchgeführt hat. Dies betrifft Freileitungen, Schaltanlagen, Netzstationen, Bahnanlagen etc., an denen in allen Fällen eine gute Übereinstimmung erzielt wurde. Wichtigste Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis sämtlicher Parameter zur Beschreibung des Betriebszustandes! Für Details sei der Anwender auf folgende Literatur verwiesen:

- [FGEU 94] **Emissionskataster der elektrischen und magnetischen Feldexposition im Stadtgebiet Berlin - Entwurf und Inhaltliche Ergänzung**, Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH, (1994).
- [FGEU 95] **O. Frohn, K. Koffke, E. Stenzel, J. Dunker und O. Plotzke, Emissionskataster der elektrischen und magnetischen Feldexposition im Stadtgebiet Berlin - Eine vergleichende Pilotstudie in ausgewählten öffentlichen Bereichen**, Teilbericht Berlin-Buch/Karow, Berlin, (1995).
- [FGEU 96] **H. Skurk, B. Herold, K. Stoessel und O. Plotzke, Emissionskataster der elektrischen und magnetischen Feldexposition im Stadtgebiet Berlin - Eine vergleichende Pilotstudie in ausgewählten öffentlichen Bereichen**, Teilbericht Berlin-Charlottenburg, Berlin, (Mai 1996).
- [FRO 94] **O. Frohn, K. Koffke und O. Plotzke, Schienengebundene Transportsysteme, Meßberichte für U-Bahn, S-Bahn, Fernbahn und Transrapid**, Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH im Auftrag der BAFAM, Berlin, (1994).
- [FRO 94a] **O. Frohn und O. Plotzke, Schienengebundene Transportsysteme, Worst Case Berechnungen**, Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH im Auftrag der BAFAM, Berlin, (1994).
- [FRO 96] **O. Frohn, K. Koffke, E. Stenzel, J. Dunker und O. Plotzke, Rechnergestützte Methoden zur großflächigen Erfassung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder**, EMV Kompendium '96, S. 32 (1996).
- [KAN 95] **J. Kantz, J. Dunker und O. Frohn, Elektrische und magnetische Feldstärken der geplanten 400 kV Freileitung der BEWAG**, Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH im Auftrag der BEWAG, Berlin, (1995).
- [KOF 95] **K. Koffke, O. Frohn, E. Stenzel und O. Plotzke, Feldexposition im Stadtgebiet Berlin**, EMC Journal 1/95, S 70, (1995).
- [PLO 95] **O. Plotzke, K. Koffke und E. Stenzel, ICE als Quelle nichtionisierender Strahlung - Magnetisches Feld an der Streckenführung des ICE Berlin**, Strahlenschutzpraktik 3/95, S. 49, (1993).
- [STE 96] **E. Stenzel, O. Frohn, K. Koffke, J. Dunker und O. Plotzke, Methods of developing an emission cataster for low frequency electric and magnetic fields**, IRPA9 International Congress on Radiation Protection, Vienna, Proceedings Vol. 3, S. 589, (1996).

## 20. Anhang B: Hardlock Dokumentation