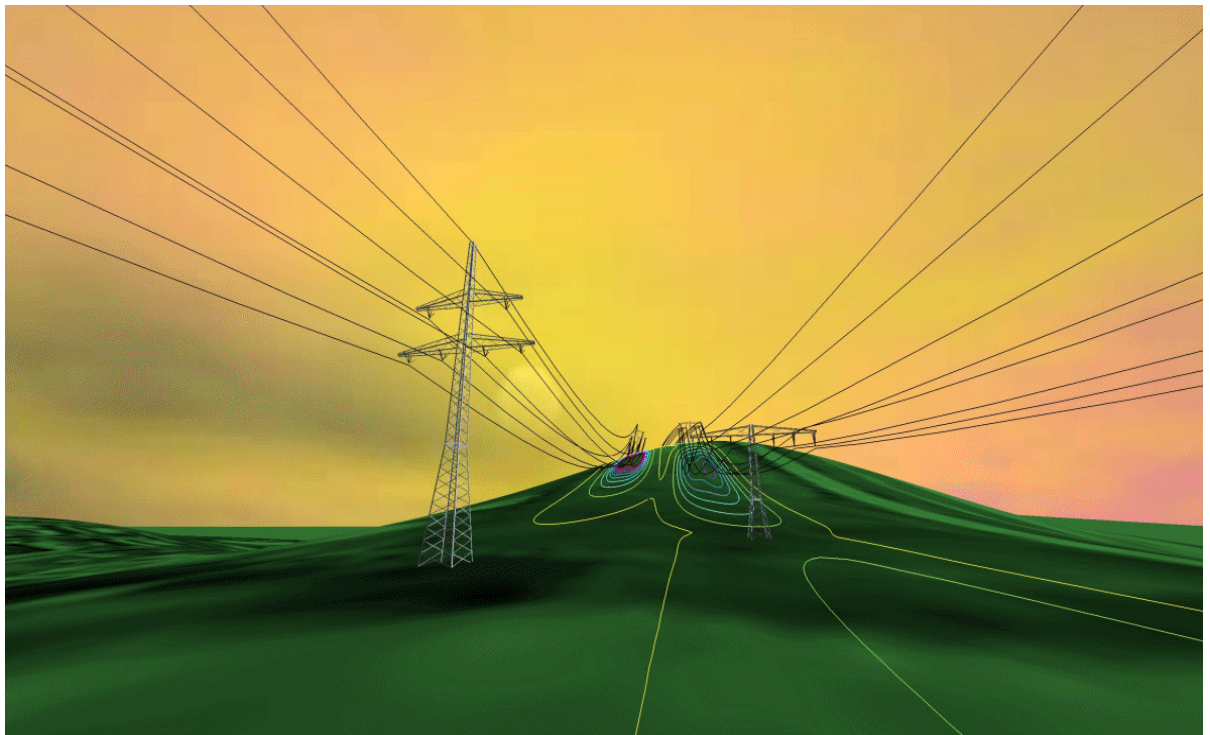


# WinField® - Magnetic and Electric Field Calculation

Power Transmission Lines and Power Stations

**Assistent** 

zur 26. BImSchVVwV





# **WinField Assistent zur 26. BImSchVVwV**

Der Assistent gibt Ihnen Kurzinformationen zu folgenden Anwendungsfällen:

<b>KAPITEL 1 - FREILEITUNGEN.....</b>	<b>1</b>
Abstandsoptimierung - Allgemeine Anmerkungen .....	2
Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes .....	3
Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems .....	9
Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge.....	20
Elektrische Schirmung.....	26
Minimierung der Leiterseilabstände.....	34
Optimierung des Mastbildes .....	43
Optimierung der Leiterfolge .....	49
Zusammenfassung der Optimierungen .....	55
<b>KAPITEL 2 - DREHSTROMKABEL .....</b>	<b>56</b>
Minimierung der Kabelabstände.....	57
Optimierung der Leiterfolge .....	62
Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung .....	67
Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel.....	75
Optimierung der Verlegetiefe.....	79
<b>KAPITEL 3 - HGÜ-FREILEITUNGEN .....</b>	<b>83</b>
Abstandsoptimierung.....	84
Elektrische Schirmung.....	85
Minimierung der Leiterseilabstände.....	94
Optimierung des Mastbildes .....	102
Optimierung der Polanordnung .....	107

<b>KAPITEL 4 - HGÜ-ERDKABEL.....</b>	<b>112</b>
Minimierung der Kabelabstände .....	113
Optimierung der Polanordnung .....	117
Optimierung der Verlegetiefe.....	121
<b>KAPITEL 5 - BAHNSTROMFREILEITUNGEN .....</b>	<b>125</b>
Abstandsoptimierung.....	126
Elektrische Schirmung.....	127
Minimierung der Leiterseilabstände.....	136
Optimierung des Mastbildes .....	144
Optimierung der Leiteranordnung.....	152
<b>KAPITEL 6 - BAHNSTROMERDKABEL.....</b>	<b>157</b>
Minimierung der Kabelabstände .....	158
Optimierung der Leiteranordnung.....	162
Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung .....	166
Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel.....	170
Optimierung der Verlegetiefe.....	176
<b>KAPITEL 7 - ORTSNETZUMSPANNSTATIONEN .....</b>	<b>180</b>
Abstandsoptimierung - Ausrichtung der NS-Seite von Trafos .....	181
Abstandsoptimierung - Verlegung von Kabeln .....	186
Minimierung der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung .....	192

Weitere Informationen erhalten Sie in der **Hilfe** und im **Tutorial**.

Copyright (C) 2018 FGEU mbH, Assistent zur 26. BImSchVVwV 1. Auflage 2018 Berlin

Forschungsgesellschaft für Energie und  
Umwelttechnologie - FGEU mbH  
Yorckstraße 60  
10965 Berlin  
Tel. 030 / 786 9799  
Fax 030 / 786 6389

# KAPITEL 1 - FREILEITUNGEN

Abstandsoptimierung - Allgemeine Anmerkungen .....	2
Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes .....	3
Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems .....	9
Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge.....	20
Elektrische Schirmung.....	26
Minimierung der Leiterseilabstände.....	34
Optimierung des Mastbildes .....	43
Optimierung der Leiterfolge .....	49
Zusammenfassung der Optimierungen .....	55



# Abstandsoptimierung - Allgemeine Anmerkungen

Für die Abstandsoptimierung entsprechend 26. BImSchVVwV wird eine fest vorgegebene Freileitungstrasse verwendet. Alle Änderungen erfolgen ausschließlich auf diesem Trassenverlauf. Eine Änderung des Trassenverlaufs als solches ist in diesem Sinne unzulässig. Aus dieser Vorgabe resultieren drei Möglichkeiten zur Minimierung der Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN durch die Abstandsoptimierung. Für jeden der drei Fälle wird die Entfernung zwischen den Leitern und den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN vergrößert, wodurch die Immission an diesen Punkten vermindert werden kann. In begrenzten Bereichen kann dies allerdings auch zu einer Erhöhung der Immission führen.

## Abstandsoptimierung – a) Erhöhung des Bodenabstandes

Durch die Erhöhung der Masten wird ein größerer Bodenabstand erreicht. Diese Maßnahme ist immer durchführbar, sofern die Bodenbeschaffenheit für die erforderlichen Mastfundamente geeignet ist. Allerdings sind auch andere umweltrelevante Aspekte wie die Veränderung des Landschaftsbildes zu beachten.

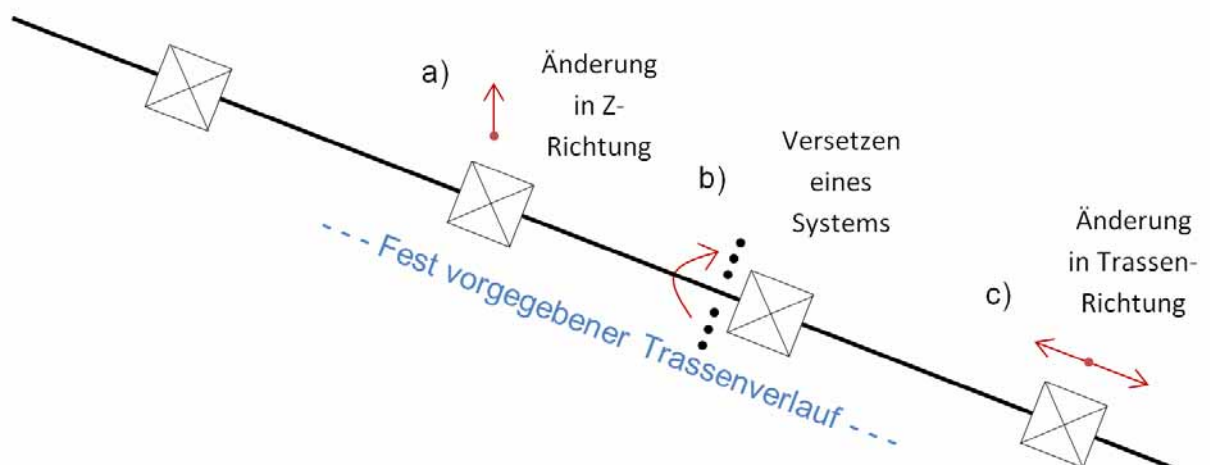
## Abstandsoptimierung – b) Versetzen eines Systems

Das Versetzen eines Systems auf die von den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN abgewandte Mastseite kann nur angewendet werden, wenn alle MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN des betrachteten Abschnitts auf einer Seite der Trasse liegen.

## Abstandsoptimierung – c) Verringerung der Spannfeldlänge


Diese Maßnahme erreicht einen höheren Bodenabstand durch Verschiebung eines Masten zu einem MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORT hin. Die Spannfeldlänge verringert (bzw. vergrößert) sich dadurch mit einer einhergehenden Vergrößerung des Leiterbodenabstandes am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORT. Voraussetzung für diese Maßnahme ist eine nahezu gradlinig verlaufende Trasse, da es ansonsten zu einer Veränderung des Trassenverlaufs kommen würde, was nicht zulässig ist.

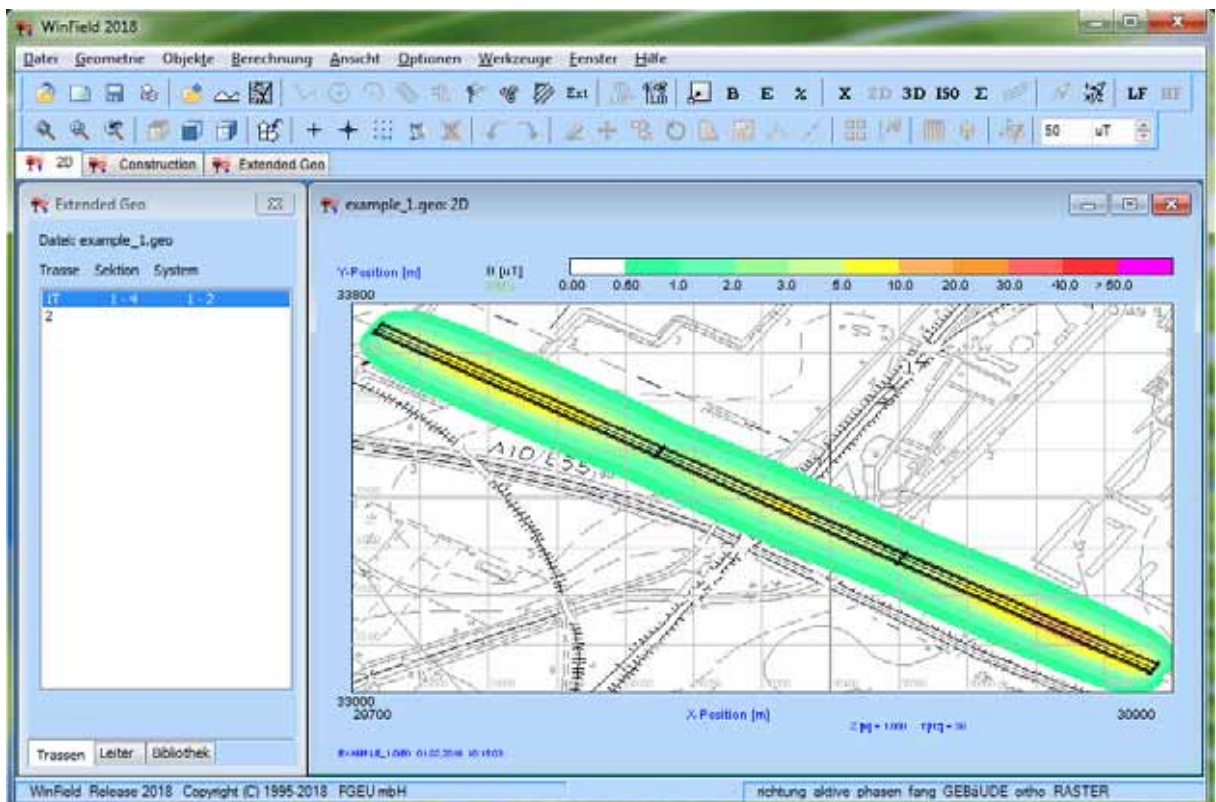
Die drei möglichen Maßnahmen werden in der folgenden Abbildung dargestellt.



# Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch ein Anheben der Masten und somit durch die Erhöhung des Abstandes zwischen den Leitern und dem Erdboden erreicht.


Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 380-kV-Freileitung bestehend aus Donau-Masten. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_1.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

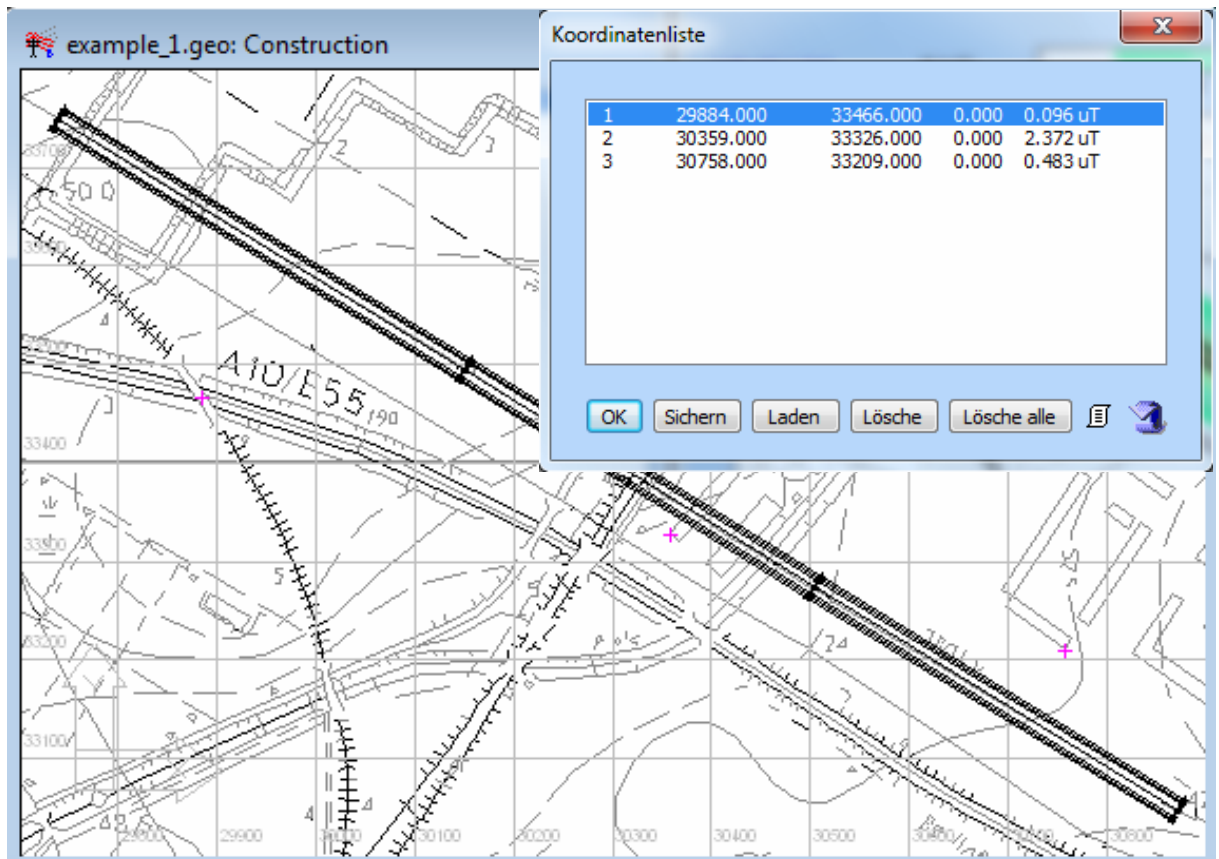




**Hinweis:** Der Begriff **Minimierung** meint hier und im Folgendem die maximal mögliche Reduzierung der von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen ausgehenden elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung der Gegebenheiten im Einwirkungsbereich am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT.

**Hinweis:** Der Begriff MAßGEBLICHER MINIMIERUNGSSORT meint hier und im Folgendem ein im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage liegendes Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.

## Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes: Schritt 2

Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster** und klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Betätigen Sie die rechte Maustaste zum Beenden der Auswahl.

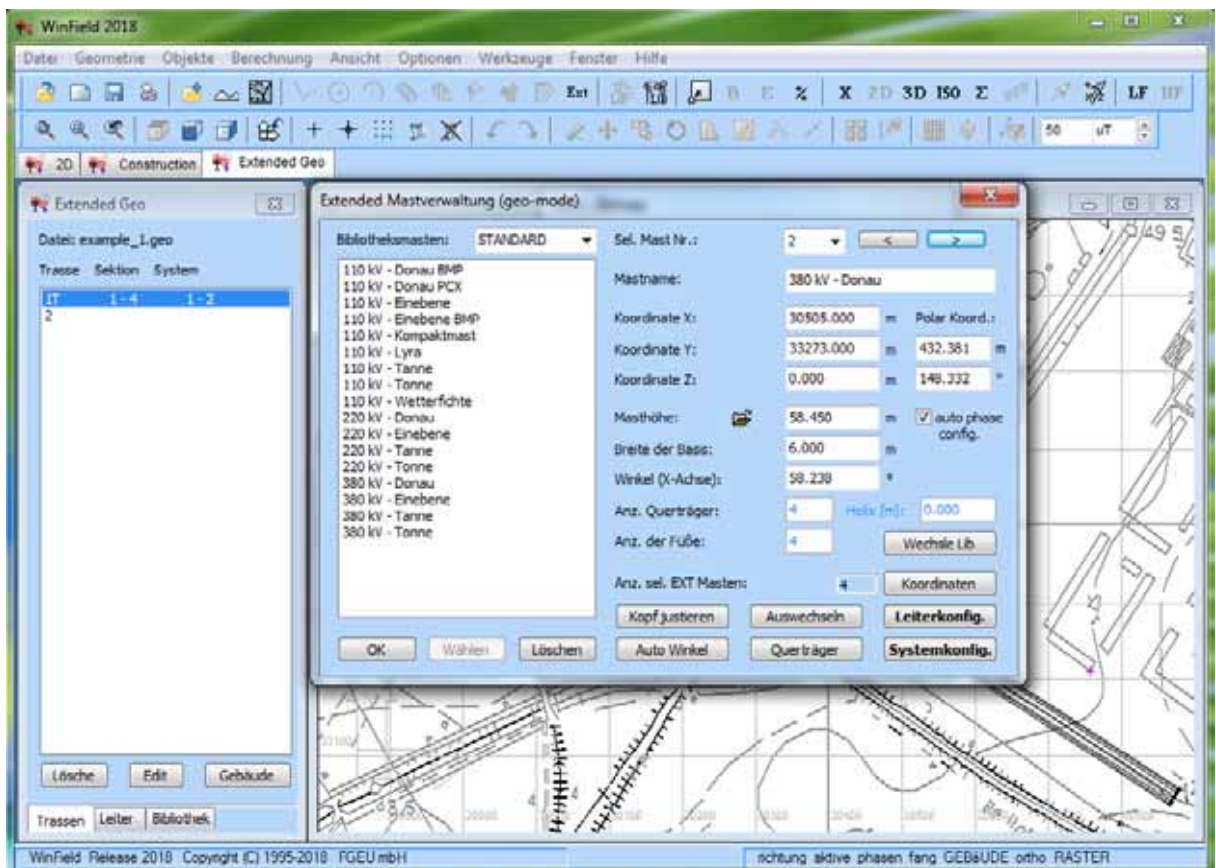



Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie nun auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der magnetischen Flussdichte anzeigen oder aktualisieren zu lassen.

**SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

## Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes: Schritt 3

Um zu überprüfen welchen Einfluss eine Erhöhung des Bodenabstandes auf die MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTE hat, werden die beiden mittleren Masten um 10 m erhöht. Dazu öffnen Sie mit Doppelklick auf die Trasse 1T im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung**.



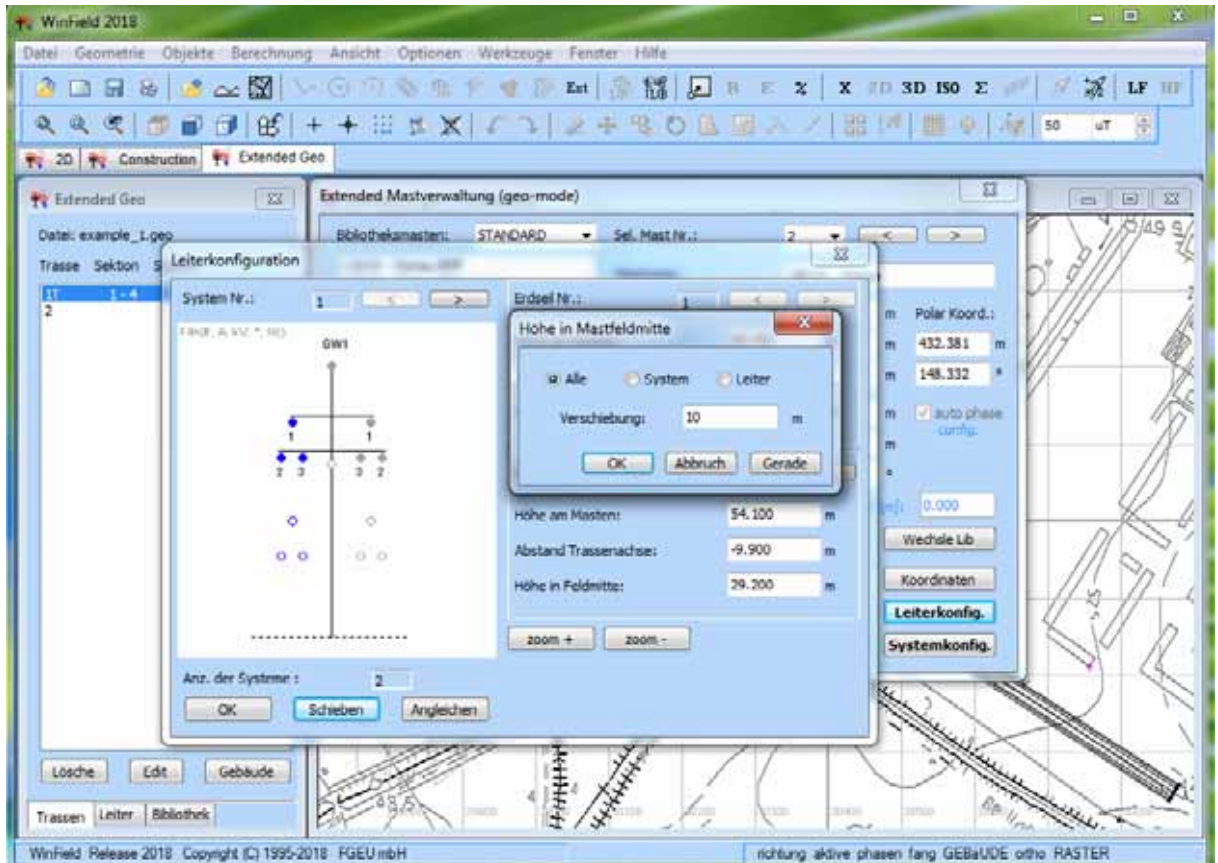
Selektieren Sie per Schalter  **Mast Nr. 2** und erhöhen Sie die **Masthöhe** um 10 m auf 68.450 m. Verfahren Sie ebenso mit **Mast Nr. 3** und erhöhen die Masthöhe um 10 m.

Bei einer Veränderung der **Masthöhe** werden die Aufhängepunkte der Leiterseile sowie die Querträger mit verschoben. Lediglich der Durchhang der Leiter muss im nächsten Schritt manuell eingestellt werden.



## Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes: Schritt 4

Wählen Sie in der noch geöffneten **Mastverwaltung** erneut **Mast Nr. 2** aus und öffnen die **LEITERKONFIG**. Nutzen Sie nun die Funktion **SCHIEBEN** und geben 10 m als Verschiebung ein.

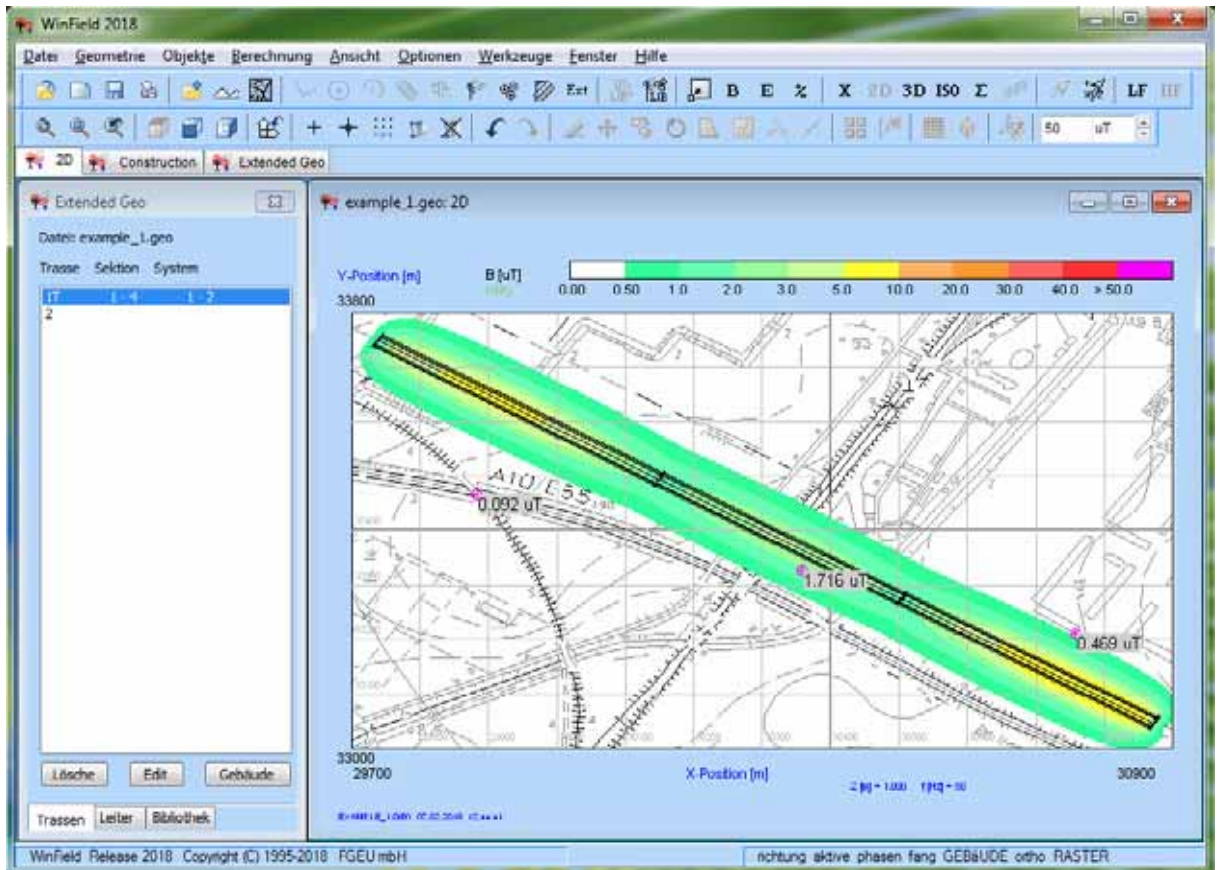


Bestätigen Sie diesen Dialog und die **Leiterkonfiguration** jeweils mit **OK**. Verfahren Sie mit dem **Masten Nr. 1** und **3** ebenso und erhöhen Sie dort den Leiterdurchhang jeweils um 5 m.

Schließen Sie danach alle Dialoge mittels **OK**.

## Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes: Schritt 5


Führen Sie mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste per Button  der Toolbar.

Koordinatenliste

1	29884.000	33466.000	0.000	0.092 uT
2	30359.000	33326.000	0.000	1.716 uT
3	30758.000	33209.000	0.000	0.469 uT

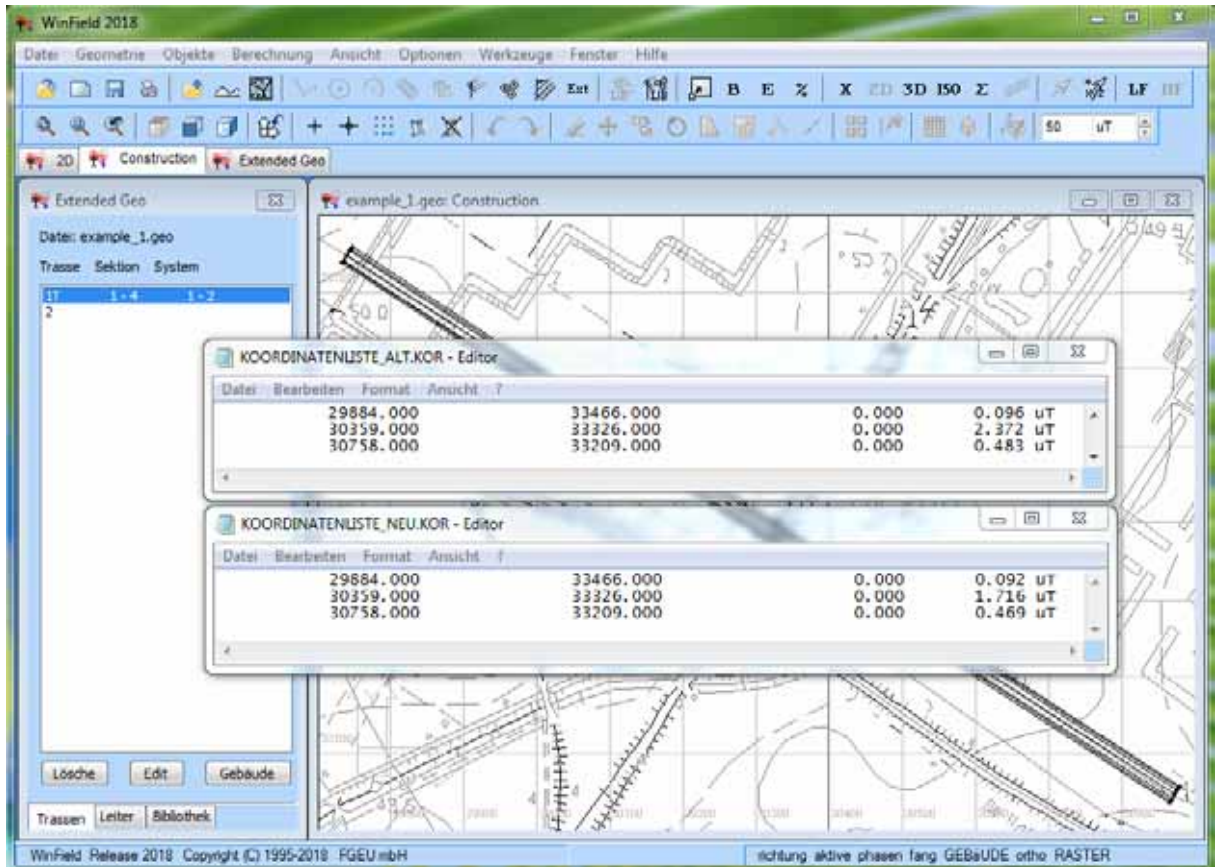
OK    Sichern    Laden    Lösche    Lösche alle    

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

## Abstandsoptimierung - Erhöhung des Bodenabstandes: Schritt 6

Nun können die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Öffnen Sie hierzu die abgespeicherten Werte 'Koordinatenliste\_Alt.kor' und 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.



Eine deutliche Verbesserung ist vor allem am zweiten MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT zu erkennen.


**Hinweis:** Mit zunehmender Entfernung von der Trassenachse wird die Wirksamkeit dieser Maßnahme geringer bzw. der Aufwand zur Minimierung der Immission steigt an (siehe dritter MAßGEBLICHER MINIMIERUNGSSORT) und kann örtlich begrenzt eine entgegengesetzte Wirkung haben.

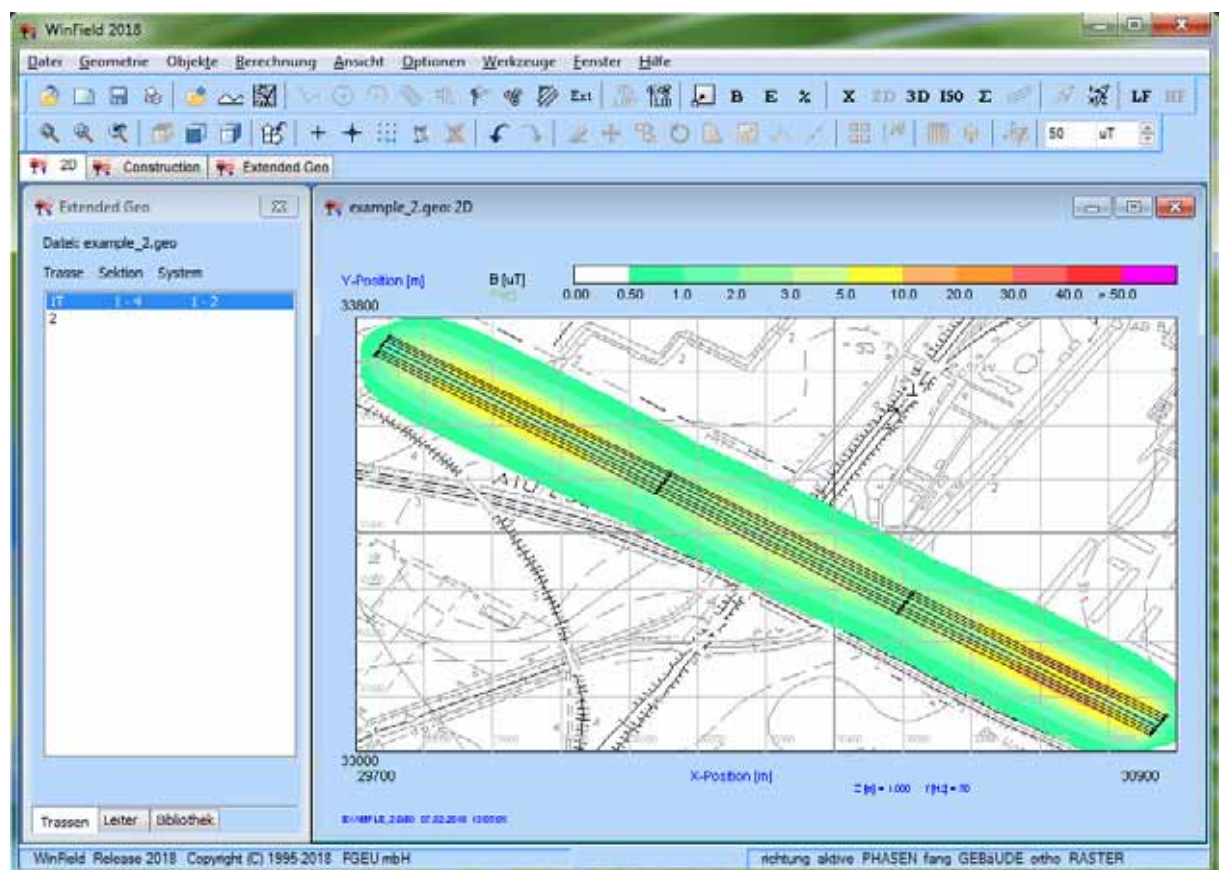


# Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 1


Die Minimierung der Immission am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch das Versetzen eines Systems auf die vom MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT abgewandte Seite des Masten und somit durch die Vergrößerung des Abstandes zwischen den Leitern und dem MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT erreicht.

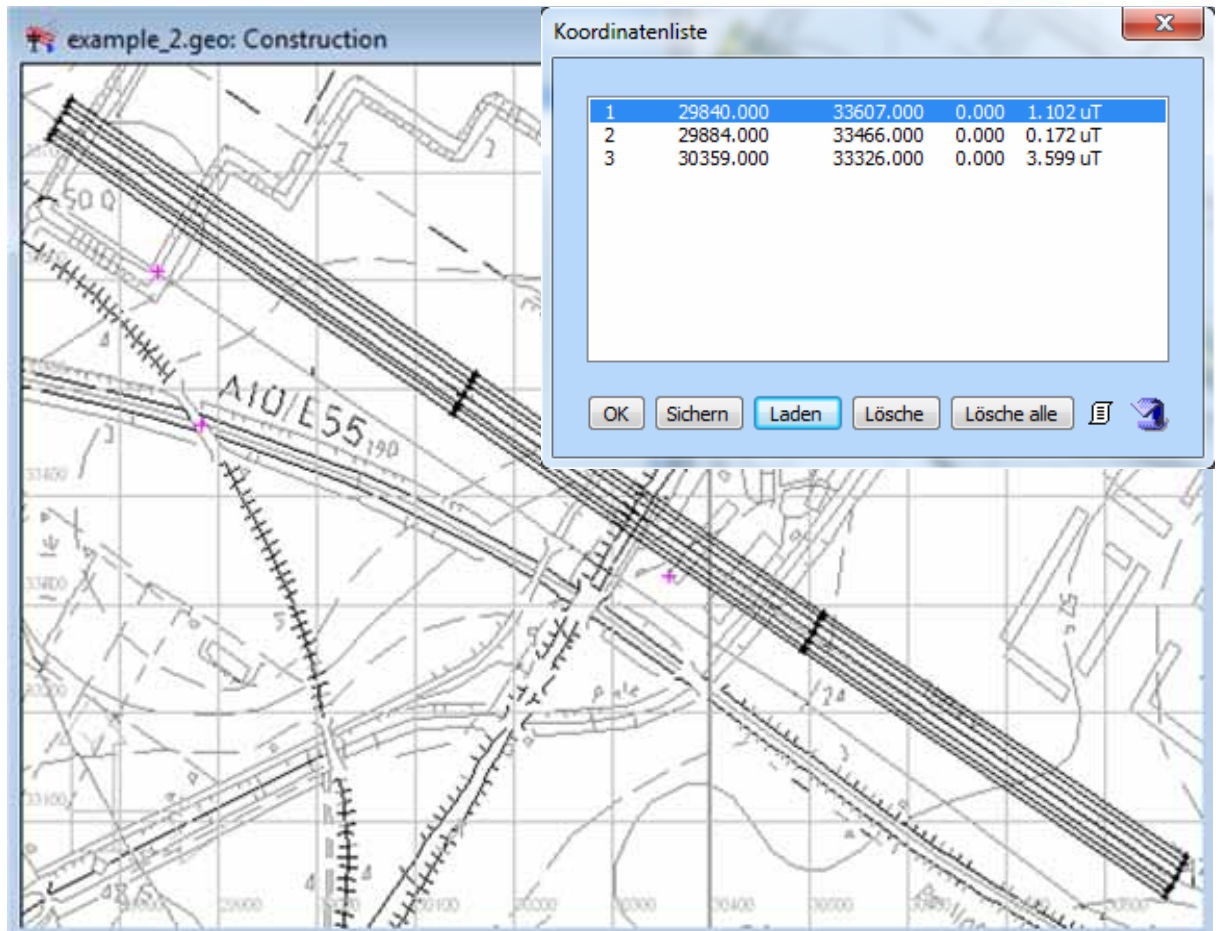
Um diese Maßnahme anwenden zu können, müssen alle MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTE im betrachteten Abschnitt auf derselben Seite der Trasse liegen.



Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 380-kV-Freileitung bestehend aus Einebene-Masten. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_2.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BImSchV26VwV'.



## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 2


Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster** und klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Bestätigen Sie per rechte Maustaste das Beenden der Auswahl.

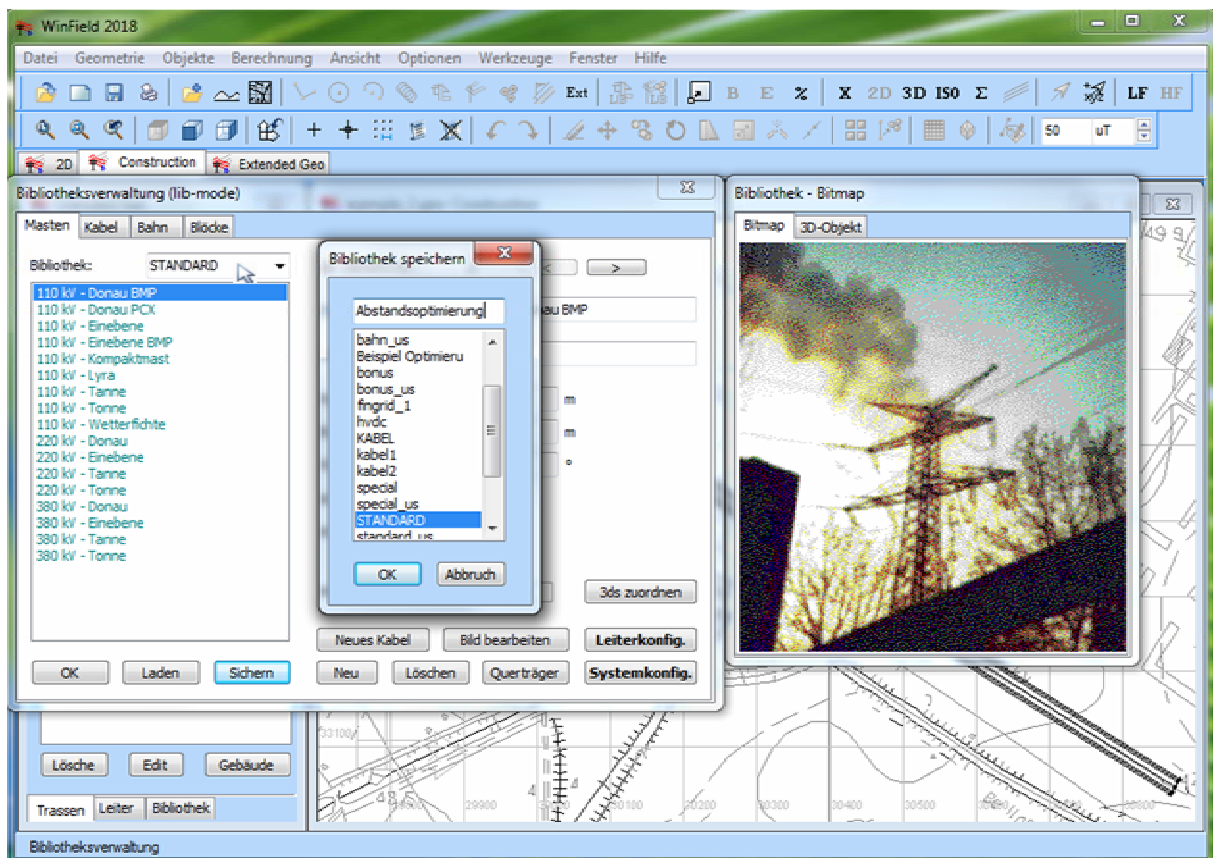


Anschließend wählen Sie in der Toolbar den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie nun auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der magnetischen Flussdichte anzuzeigen oder aktualisieren zu lassen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen '**Koordinatenliste\_Alt.kor**'.

## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 3

Um das System zu versetzen sind alle Masten zu bearbeiten oder durch einen neuen Masten auszutauschen.

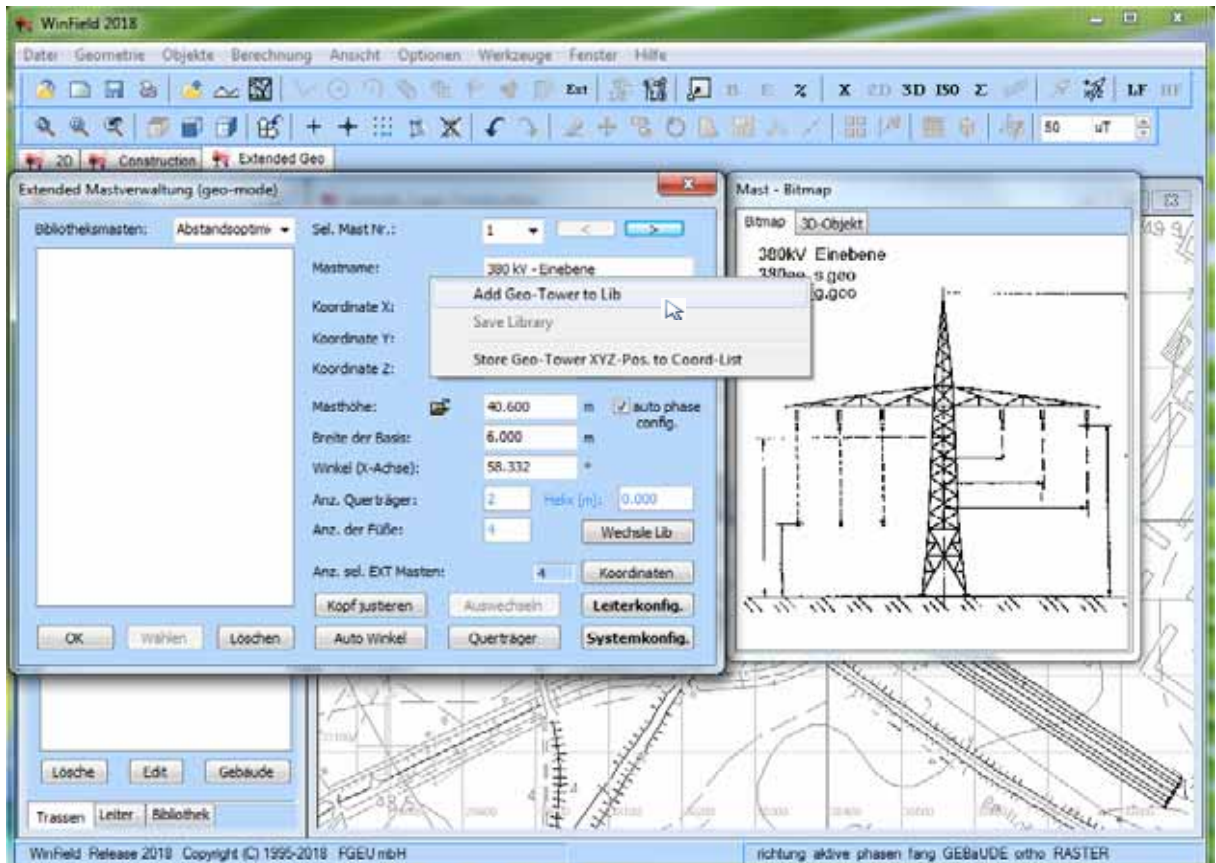
Öffnen Sie dazu die **Bibliotheksverwaltung** mit dem Button  der Toolbar. Wählen Sie im Drop-down Menü '**STANDARD**' aus (siehe Mauszeiger) und klicken Sie auf **SICHERN** um eine neue Bibliothek zu erstellen. In dem Dialog **Bibliothek speichern** geben Sie in der obersten Zeile den neuen Namen '**Abstandsoptimierung**' ein.



Bestätigen Sie den Dialog mit **OK** und entfernen Sie die vorhandenen Masten mittels **LÖSCHEN**. Schließen Sie anschließend auch die **Bibliotheksverwaltung** und bestätigen Sie den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 4


In diese neue Bibliothek fügen Sie nun den entsprechenden Mast, den Sie bearbeiten möchten, aus der Geometrie ein. Dazu öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Trasse 1T im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung** und wählen per Schalter  den **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin in der **Mastverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und wählen Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **ADD GEO-TOWER TO LIB** aus.

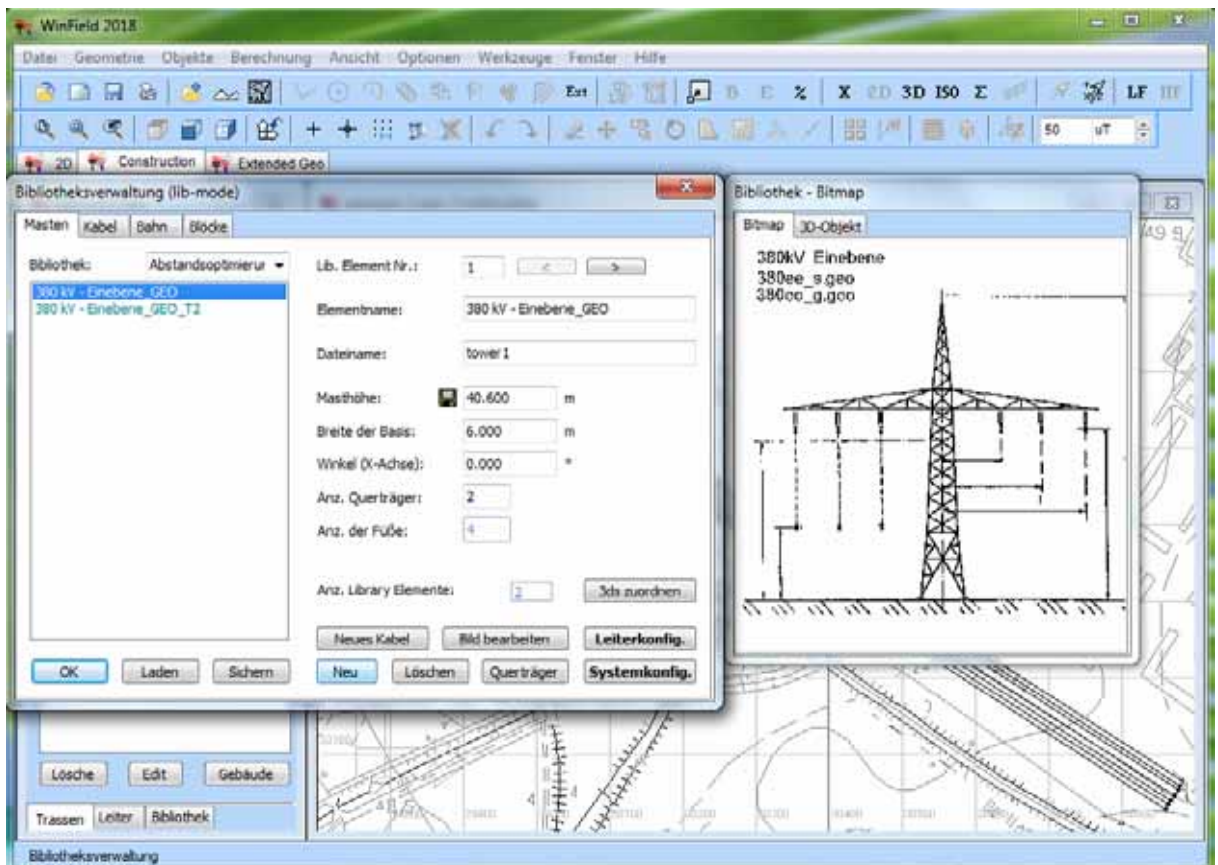


Sie legen hiermit einen neuen Bibliothek-Mast mit dem Namen **'380 kV - Einebene\_Geo'** an, welcher aus der Geometrie extrahiert wurde. Dieser besitzt dieselben Parameter und Einstellungen wie das Original in der Geometrie. Schließen Sie die **Mastverwaltung** mittels **OK** und bestätigen Sie den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.



## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 5

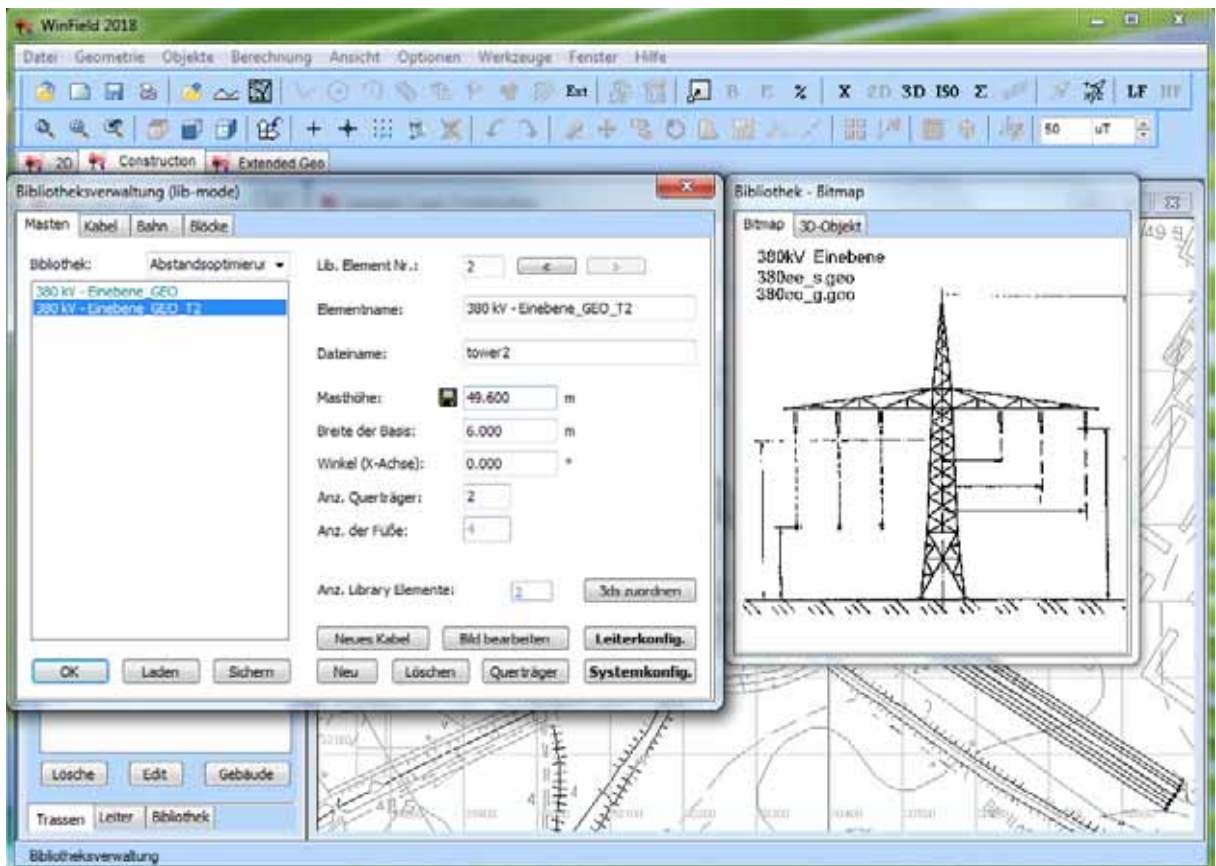
Als nächstes soll der extrahierte Mast bearbeitet werden. Öffnen Sie hierzu die **Bibliotheksverwaltung** per Button  der Toolbar und wählen den Mast '380 kV - Einebene\_Geo' aus. Klicken Sie daraufhin auf **NEU**, um von diesem eine Kopie mit dem Namen '380 kV - Einebene\_Geo\_T2' zu erstellen.



Diese Kopie des Masten ist ein exaktes Duplikat, sodass immer auf den originalen Mast zurückgegriffen werden kann.

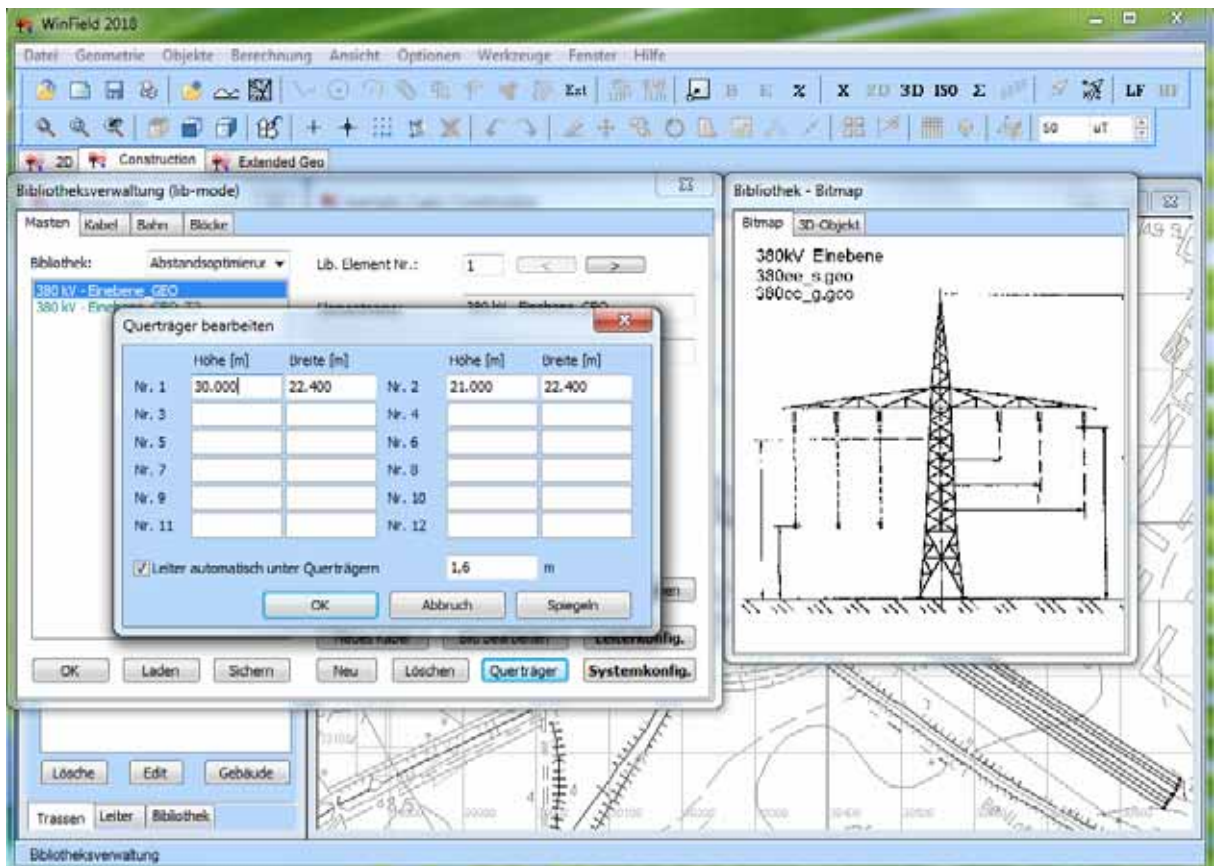
## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 6

Nun wird das Duplikat des Masten bearbeitet. Dabei wird beabsichtigt das System samt Querträger von der linken auf die rechte Seite zu verlegen und die Höhe der Masten dementsprechend anzupassen.  
Wählen Sie hierzu den Mast **'380 kV - Einebene\_Geo\_T2'** aus und ändern Sie die **Masthöhe** auf 49.6 m wie nachfolgend dargestellt.

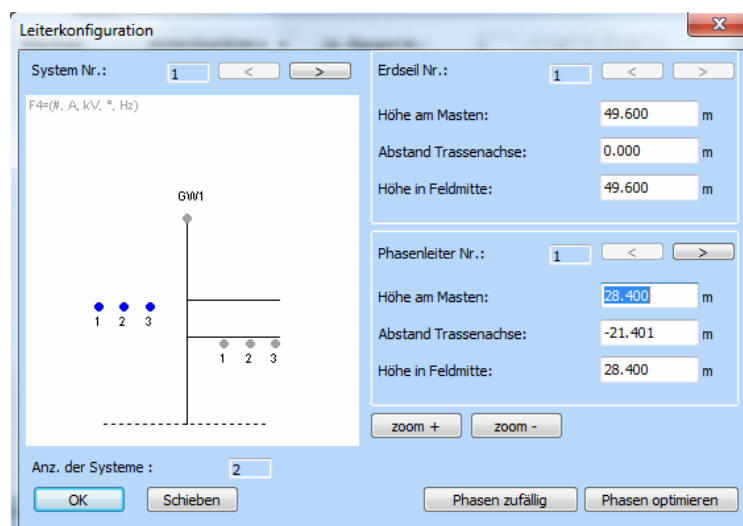


## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 7

Bearbeiten Sie nun die **QUERTRÄGER** und ändern Sie die Werte Höhe und Breite für Querträger Nr. 1 in dem sich öffnenden Dialog wie dargestellt auf 30 m und 22.4 m. Setzen Sie den Checkhaken **Leiter automatisch unter Querträger** und geben 1.6 m ein. Dadurch werden die Leiter automatisch an die Höhe des geänderten Querträgers angepasst.





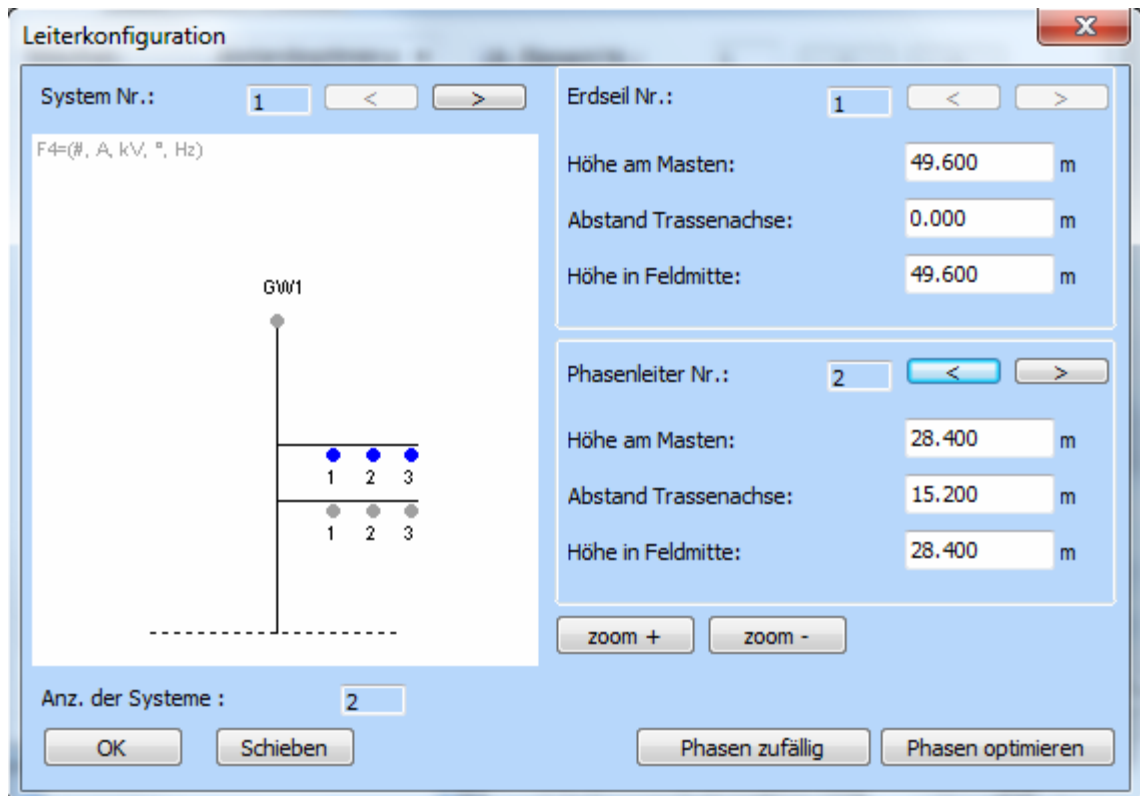
Bestätigen Sie den Dialog mittels **OK** und öffnen nun die **LEITERKONFIG.**, woraufhin Sie folgende Darstellung erhalten.





## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 8

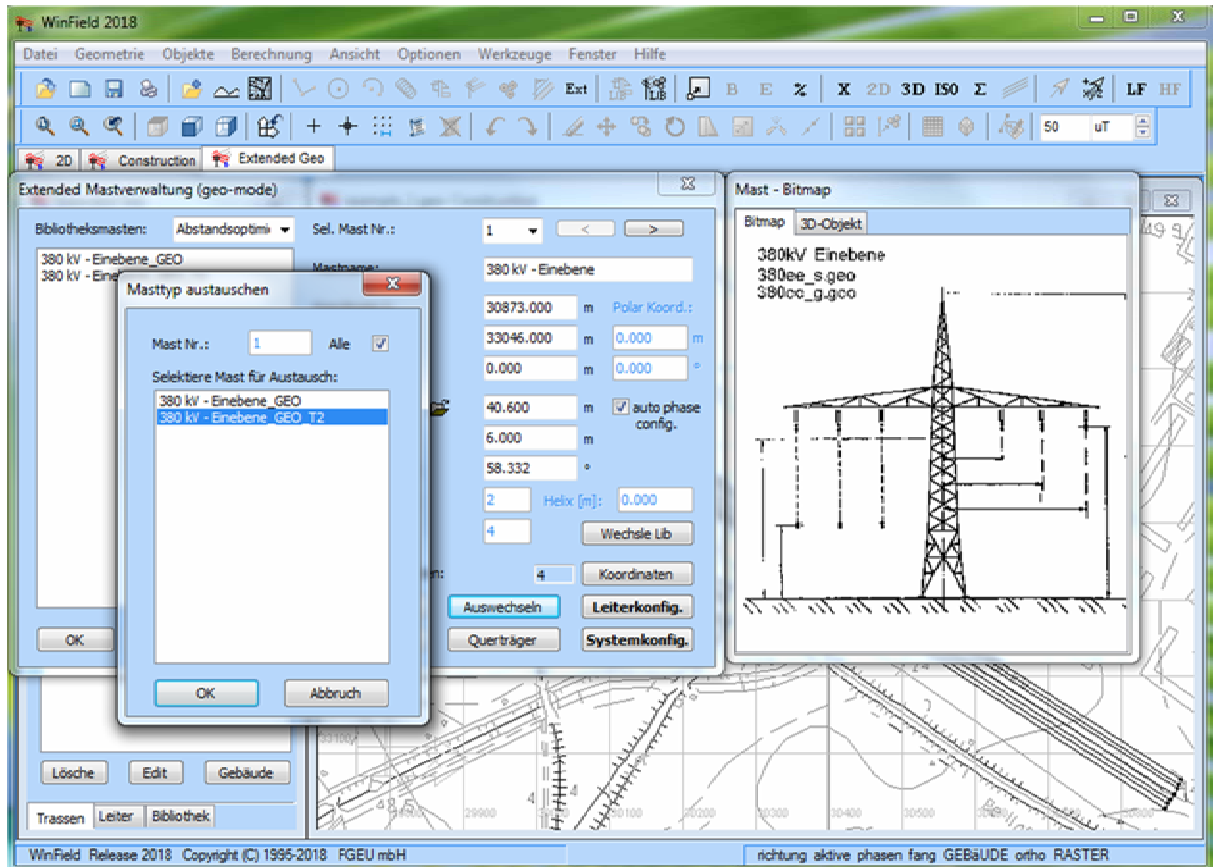
In diesem Dialog wird nun **System Nr. 1** auf die rechte Seite versetzt. Dazu wählen Sie per Schalter   den **Phasenleiter Nr. 1** des **Systems Nr. 1** aus und ändern den **Abstand Trassenachse** von -21.401 m auf 9 m. Ebenso verfahren Sie mit den weiteren zwei Phasenleitern **Nr. 2** und **Nr. 3** und ersetzen -15.2 m durch 15.2 m und -9 m durch 21.401 m. Das führt zu dem folgenden Ergebnis:

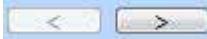


Schließen Sie anschließend den Dialog und die **Bibliotheksverwaltung** per **OK** und bestätigen Sie den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

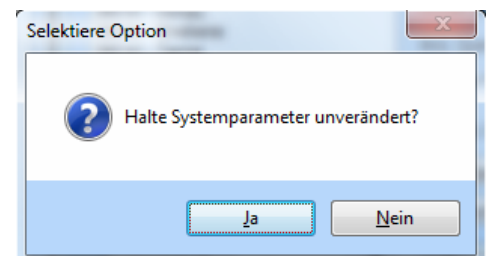
## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 9

Jetzt werden die alten Masten durch die neuen Masten ersetzt. Öffnen Sie dazu die **Mastverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1T) im **Trasseneditor**.



Wählen Sie über den Schalter  **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin auf **AUSWECHSELN** und wählen im sich öffnenden **Masttyp austauschen** Dialog, den neuen Mast '380 kV - Einebene\_Geo\_T2' aus. Setzen Sie anschließend den Checkhaken **ALLE** und bestätigen den Dialog mit **OK**.

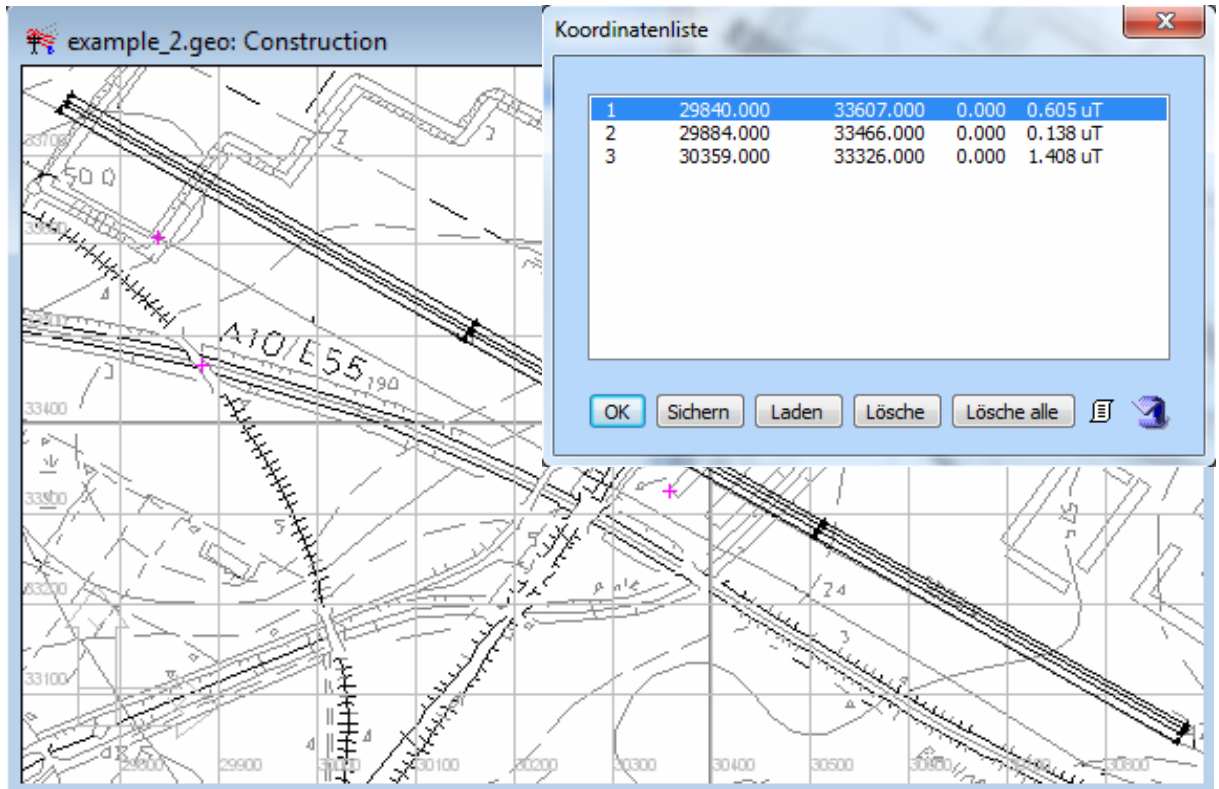
Klicken Sie bei sich öffnenden Abfrage auf **JA** und schließen Sie auch die **Mastverwaltung** mit **OK**. Durch das Beibehalten der Systemparameter bleiben alle elektrischen Parameter konstant und werden nicht überschrieben, während alle geometrischen Parameter angepasst werden.




**Hinweis:** Klicken Sie bei der Abfrage auf **NEIN** werden Ströme, Spannungen, Phasen etc. vom neuen Masttypen übernommen, was in diesem Beispiel nicht beabsichtigt ist.

## Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 10

Das Ergebnis ist direkt im **Konstruktionsfenster** sichtbar. Alle Systeme liegen auf der, von den MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSRORTEN entfernten Mastseite.

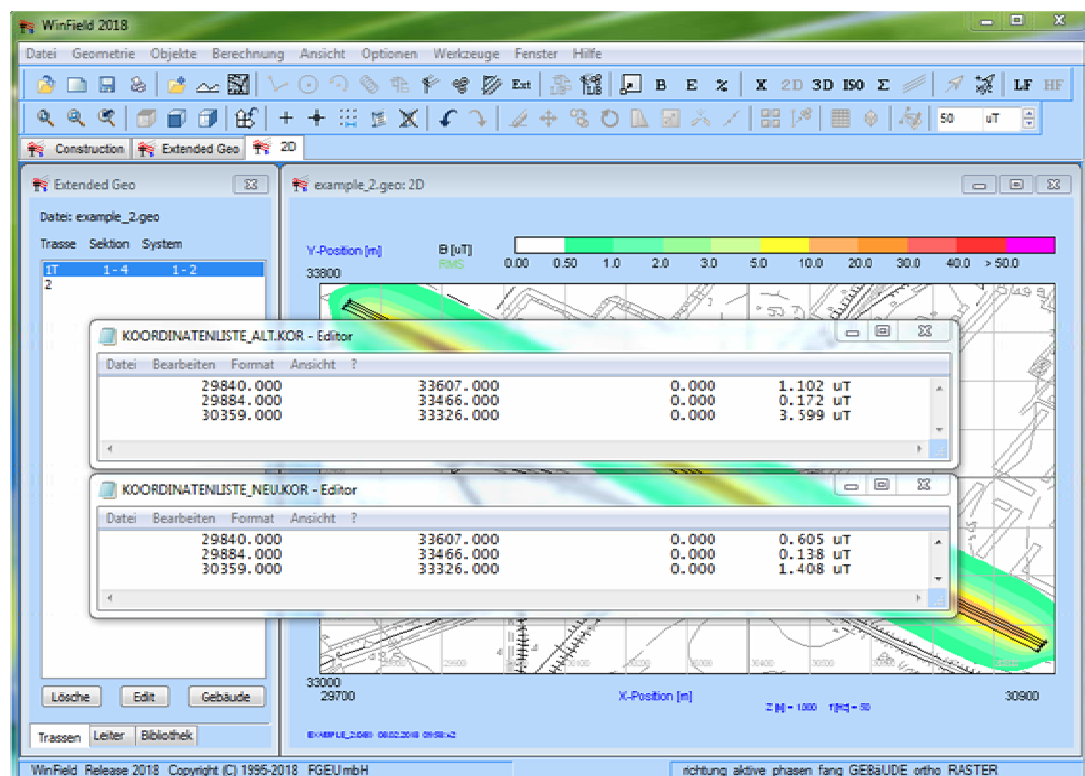
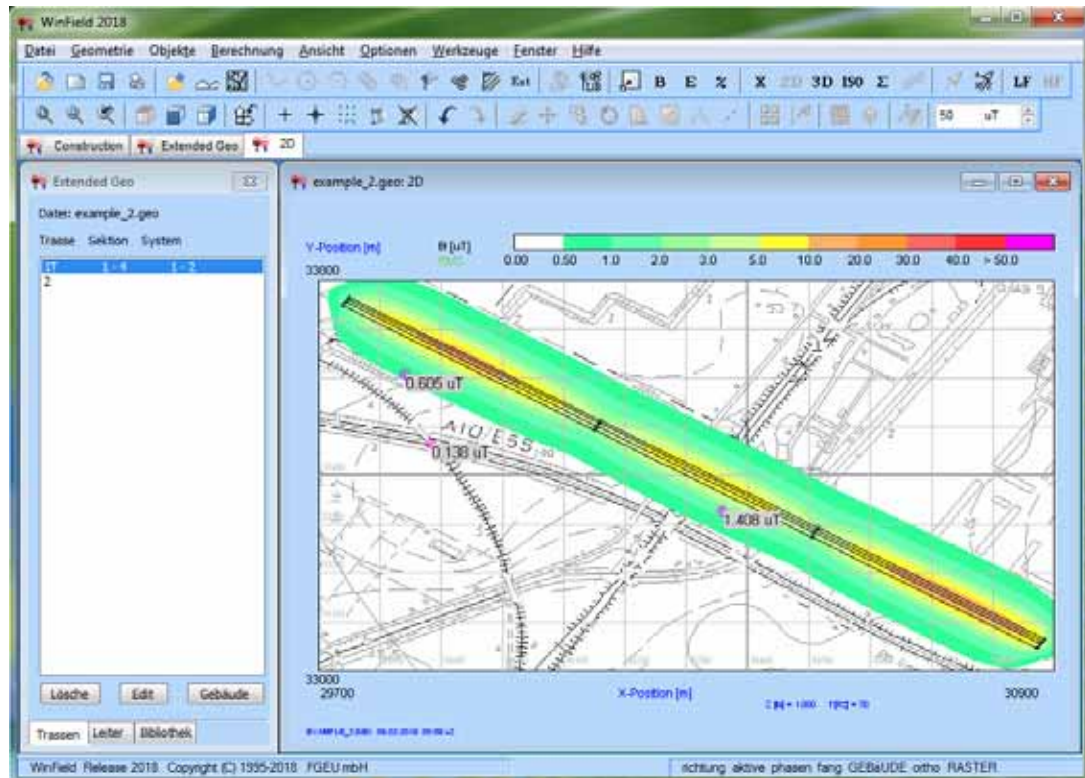


Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.

Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mit dem Button  der Toolbar. Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.


# Abstandsoptimierung - Versetzen eines Systems: Schritt 11

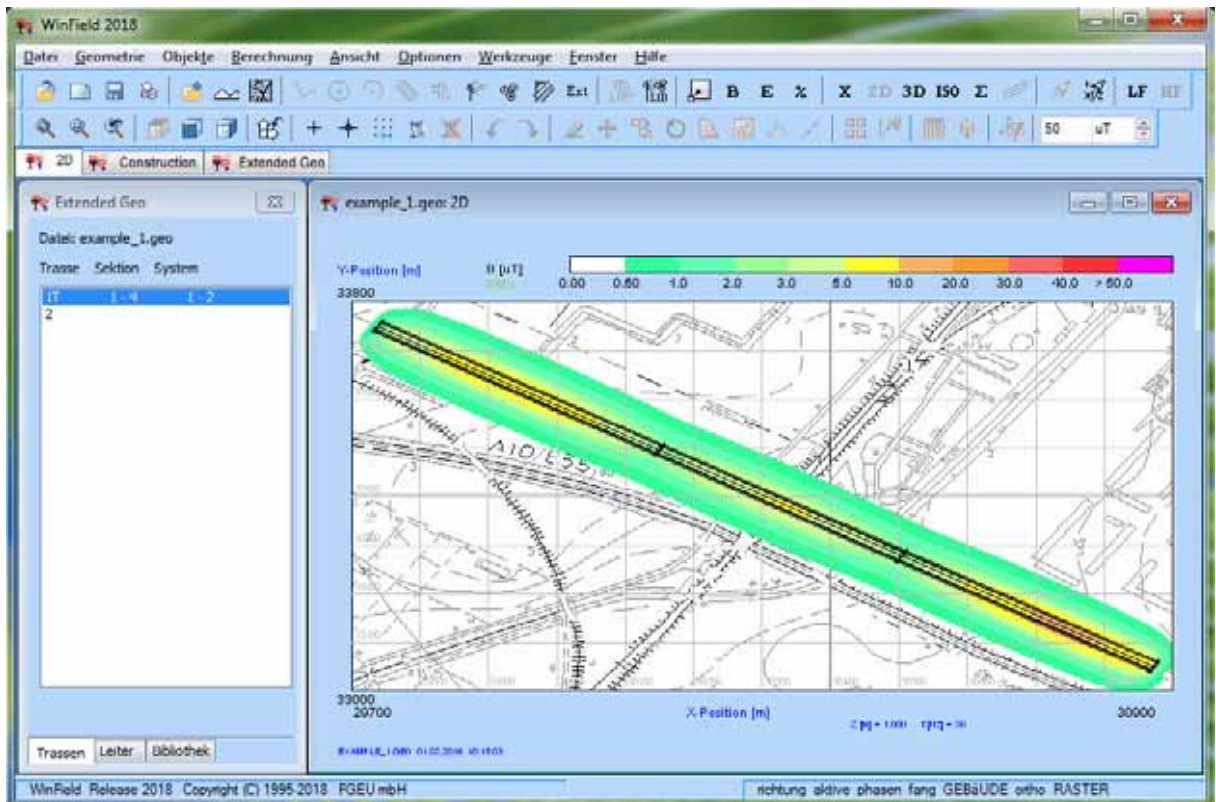
Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine deutliche Verringerung der Immission an den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN zu erkennen.



# Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge: Schritt 1


Die Minimierung der Immission am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Verringerung der Spannfeldlänge erreicht. Das kürzere Spannfeld hat eine Verminderung des Leiterdurchhanges und somit eine Erhöhung des Abstandes zwischen den Leitern und den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zur Folge. In diesem Beispiel wird nur das mittlere Spannfeld verkürzt, wodurch eine Minimierung der Immission erreicht wird.

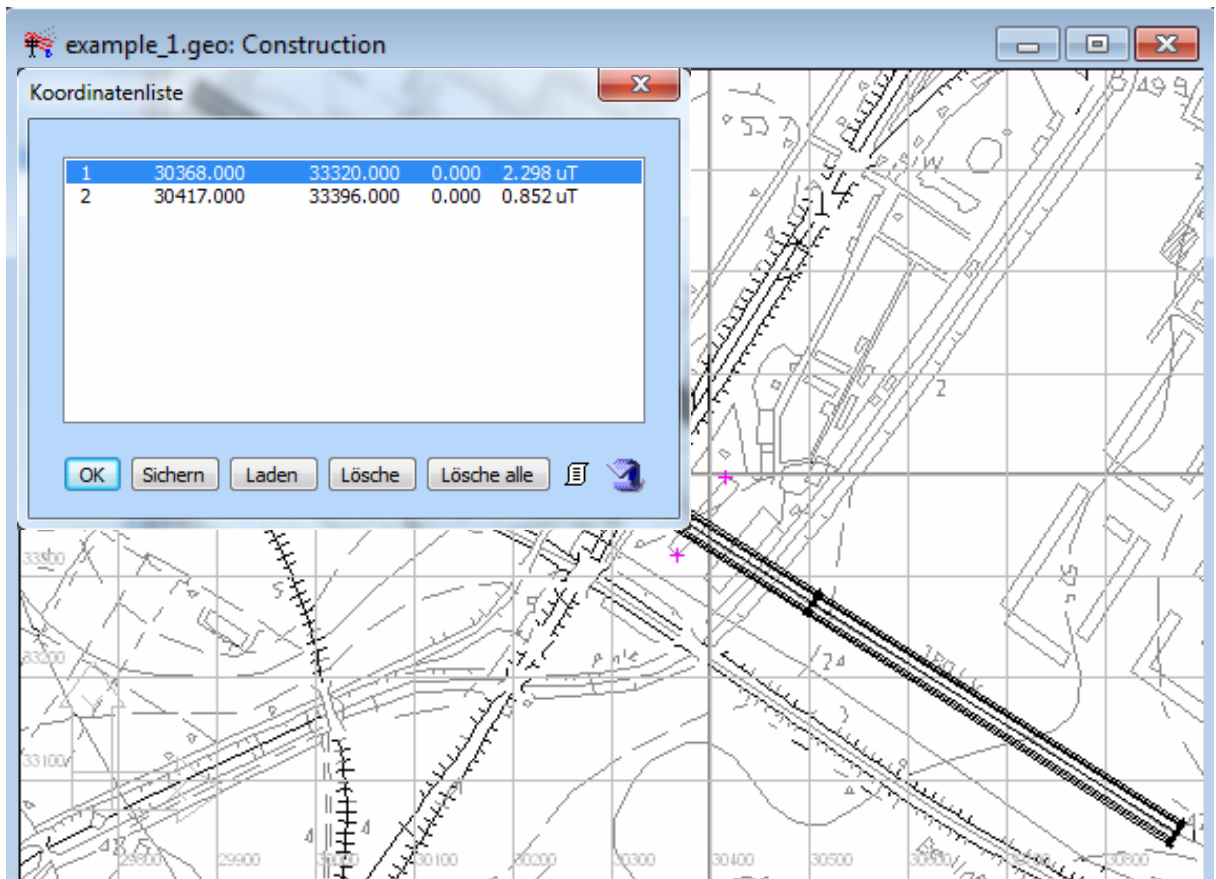
Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 380-kV-Freileitung bestehend aus Donau-Masten. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_1.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.







## Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge: Schritt 2



Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster** und klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um zwei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Betätigen Sie die rechte Maustaste zum Beenden der Auswahl.

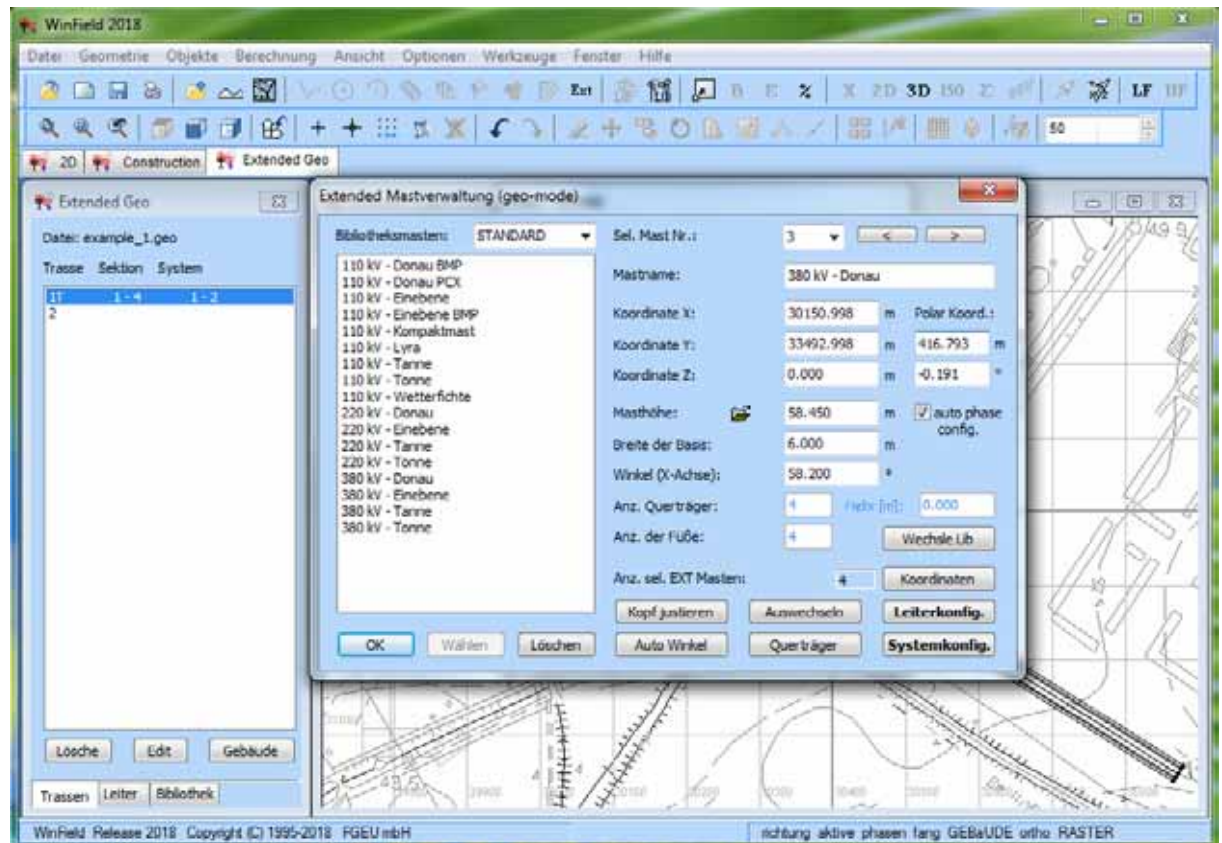


Anschließend wählen Sie in der Toolbar den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der magnetischen Flussdichte anzeigen oder aktualisieren zu lassen.

**SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich mit dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

## Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge: Schritt 3

Anschließend öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Trasse (1T) im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung** und wählen per Schalter   den **Mast Nr. 3** aus.



In diesem Fenster wird unter anderem die Mastposition in Polar-Koordinaten in Bezug auf den vorhergehenden Mast angezeigt. Das mittlere Spannfeld hat also eine Länge von 416.793 m.

Ändern Sie diesen Wert auf 316.793 m und bestätigen Sie mit **OK**.

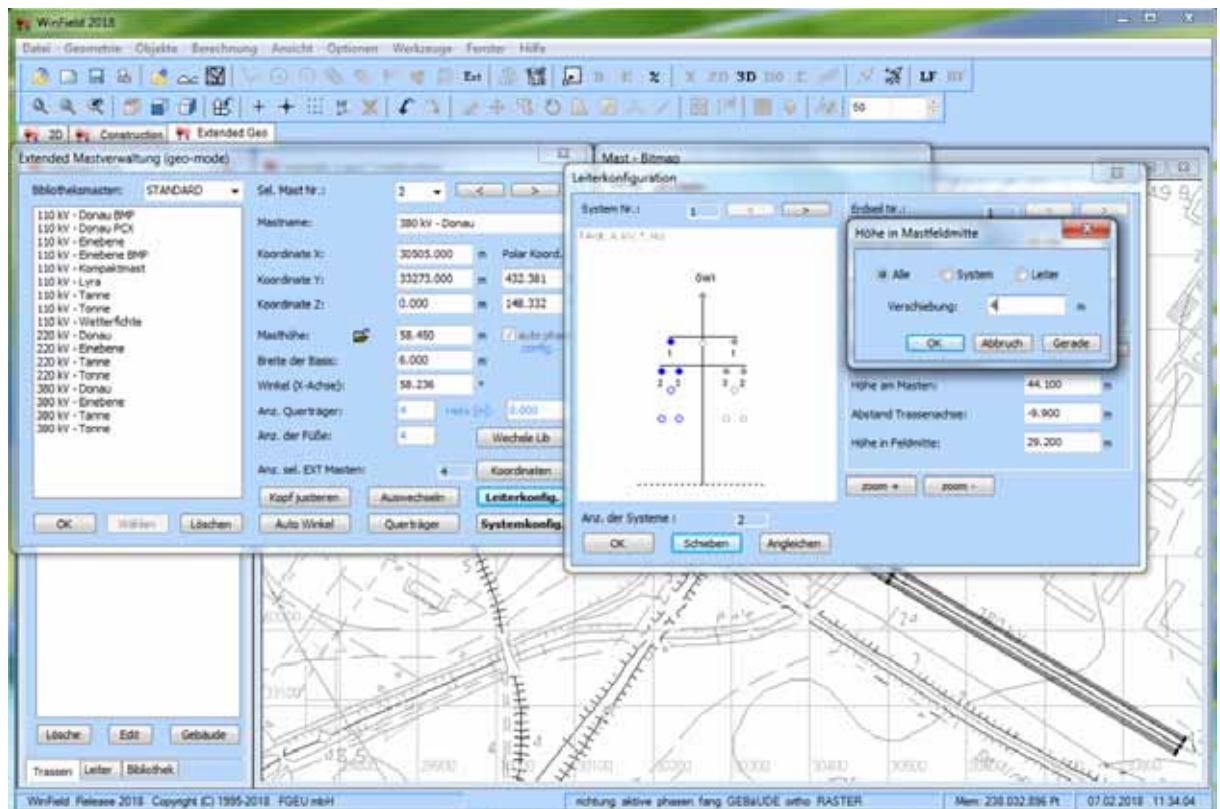
**Hinweis:** Die Funktion **AUTO WINKEL** richtet die Masten immer korrekt nach dem Verlauf der Trasse aus. Durch die veränderte Position der Masten ändern sich die Winkel der Masten zueinander deshalb automatisch. In diesem Beispiel ist die Freileitung nahezu geradlinig, sodass die Winkeländerung der Masten gering ist.



## Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge: Schritt 4

Das Spannfeld zwischen Mast 2 und Mast 3 ist nun 100 m kürzer, wobei das letzte (linke) Spannfeld zwischen Mast 3 und Mast 4 um 100 m länger geworden ist. Durch die kürzeren bzw. längeren Spannfelder verändern sich die Durchhänge der Leiterseile. Diese werden nun manuell korrigiert.

Öffnen Sie dazu erneut die **Mastverwaltung** und wählen Sie den **Mast Nr. 2** aus. Daran anschließend öffnen Sie die **Leiterkonfiguration** und wählen **SCHIEBEN**, wie nachfolgend dargestellt.



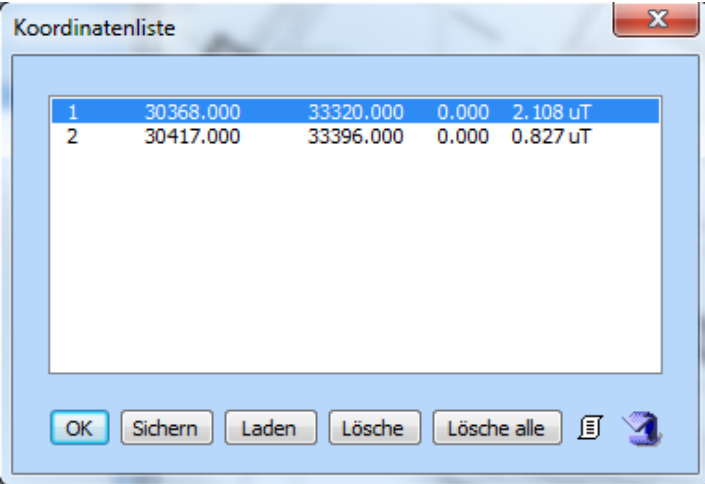
Im erscheinenden Dialog muss die **Höhe in Feldmitte** verändert werden. Geben Sie 4 m ein und schließen Sie die beiden Dialoge mit **OK**.

Verfahren Sie ebenso mit dem **Mast Nr. 3**, tragen Sie eine **Verschiebung** von -4 m ein und schließen Sie ebenfalls alle Dialoge mit **OK**.

## Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge: Schritt 5

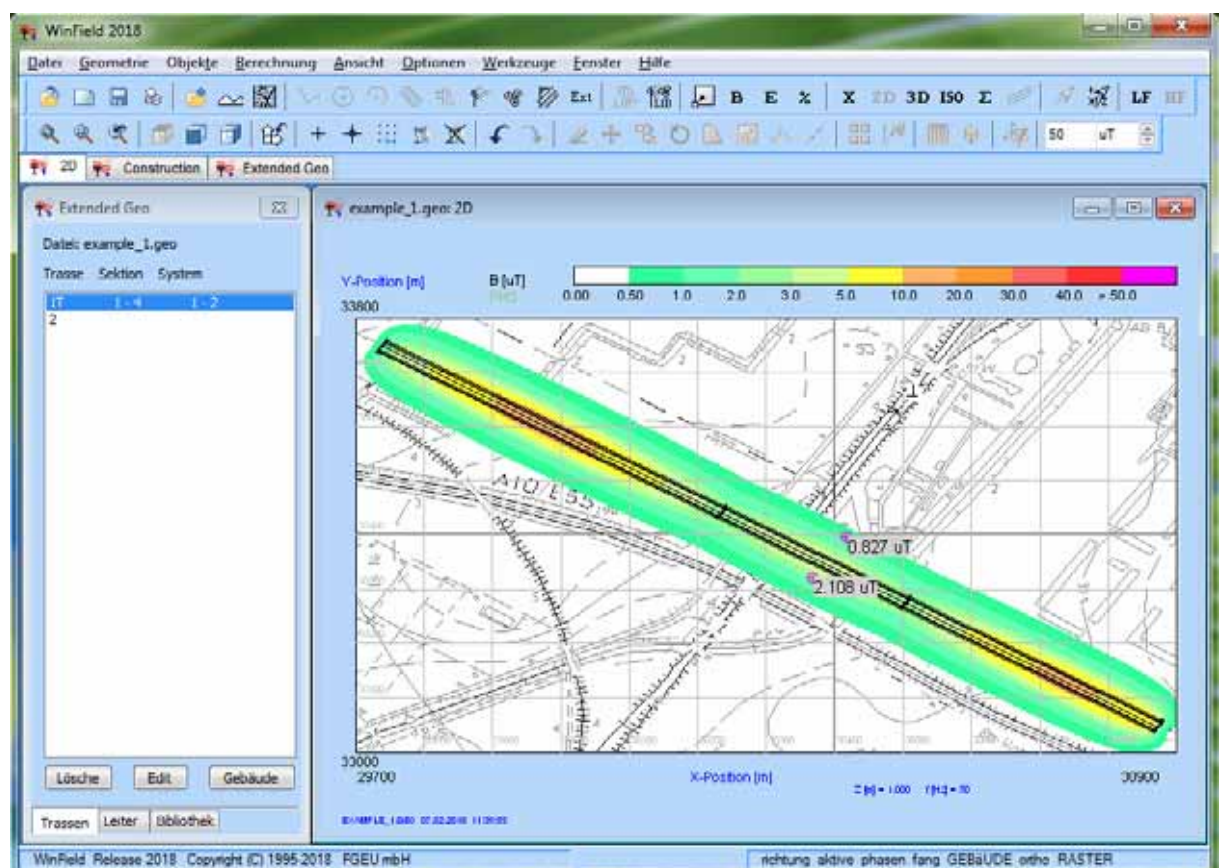
Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.

Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste per Button  der Toolbar.



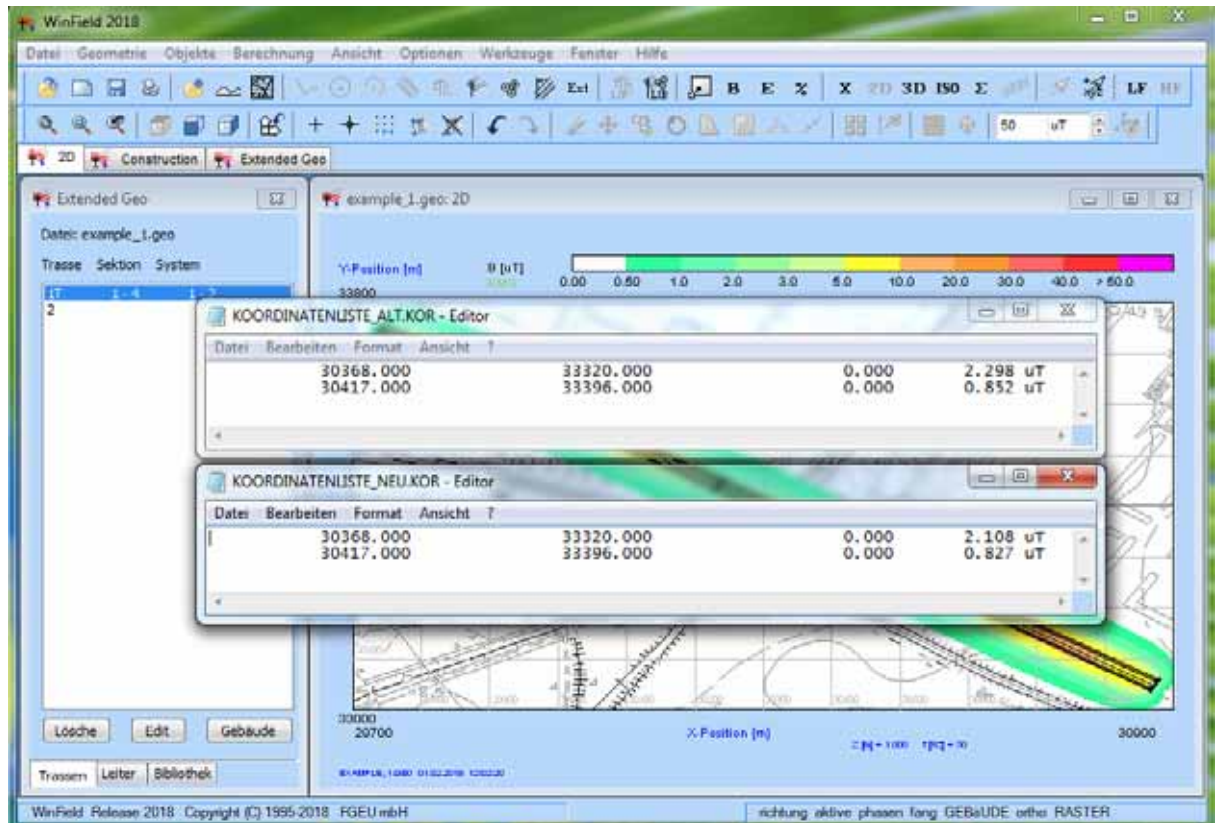
1	30368.000	33320.000	0.000	2.108 uT
2	30417.000	33396.000	0.000	0.827 uT

Die Liste enthält bereits die neuen Werte der magnetischen Flussdichte für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.



# Abstandsoptimierung - Verringerung der Spannfeldlänge: Schritt 6

Abschließend folgt noch der Vergleich der Berechnungsergebnisse:




An beiden MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSTYPEN wurde die magnetische Flussdichte reduziert.

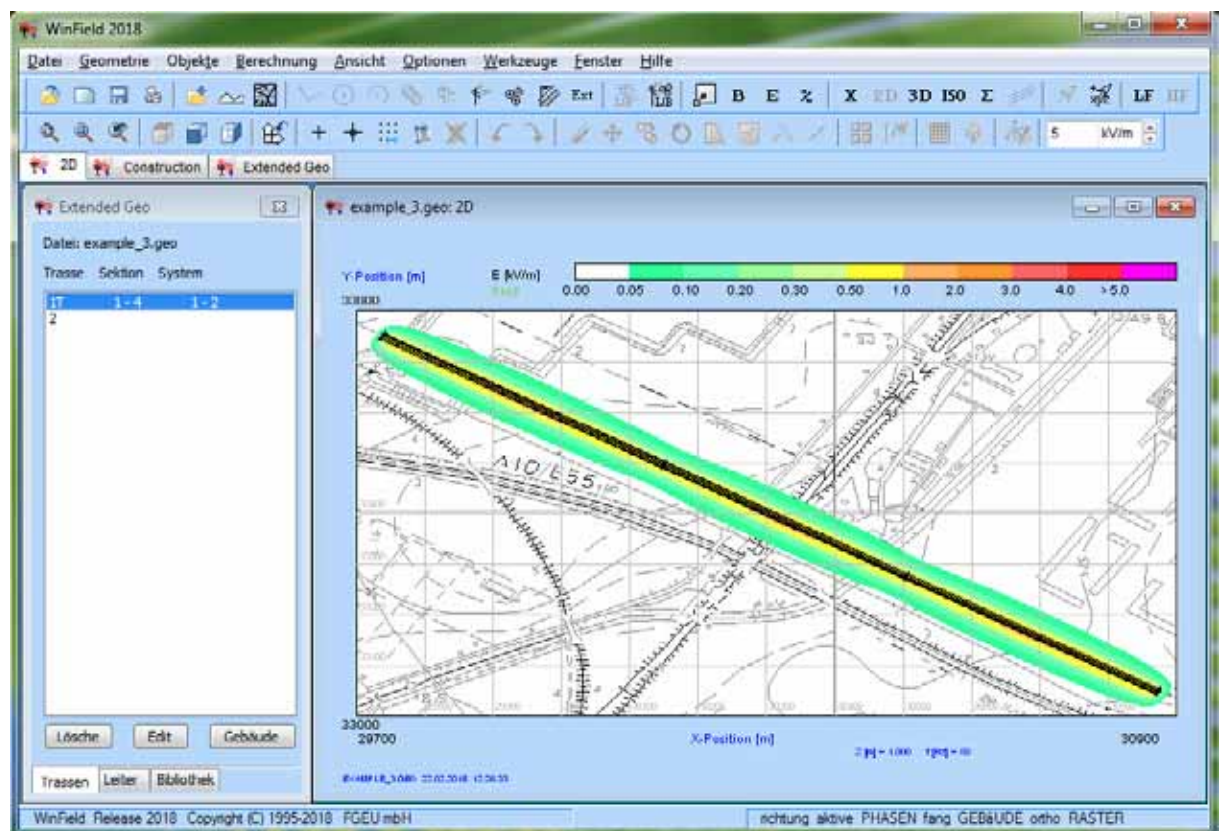


# Elektrische Schirmung: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch die Kompensationswirkung von Erdseilen oberhalb oder innerhalb der Leitersysteme erreicht.


In diesem Beispiel wird ein Erdseil, welches zentral auf der Mastspitze angebracht ist durch zwei Erdseile die rechts und links liegen ersetzt.

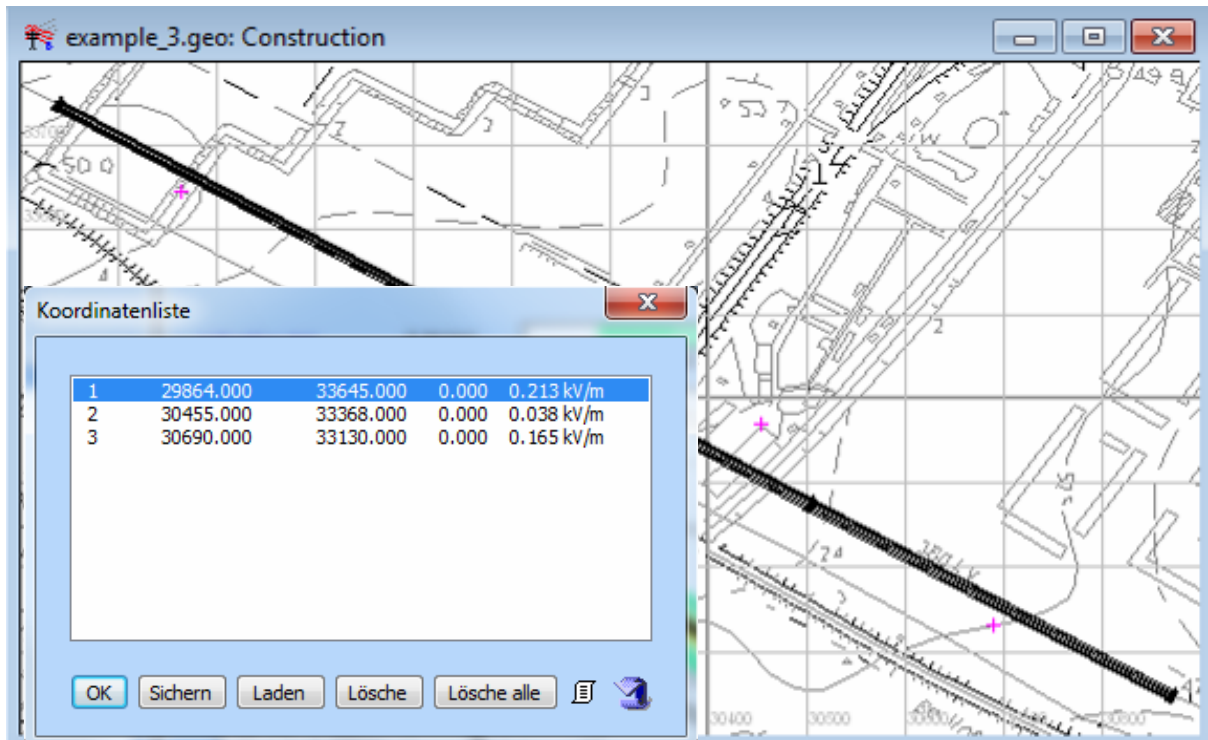
Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 110-kV-Freileitung bestehend aus Donau-Masten. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_3.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BImSchV26VwV'.





**Hinweis:** Im Prinzip wäre eine elektrische Schirmung auch durch zusätzliche Erdseile unterhalb der Leiterseile möglich. Dies würde allerdings gleichzeitig das Mastbild verändern und auch die Höhe des Masten müsste angepasst werden.

## Elektrische Schirmung: Schritt 2

Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster** und klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Betätigen Sie die rechte Maustaste zum Beenden der Auswahl.



Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie nun auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der elektrischen Feldstärke anzuzeigen oder aktualisieren zu lassen.

**SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

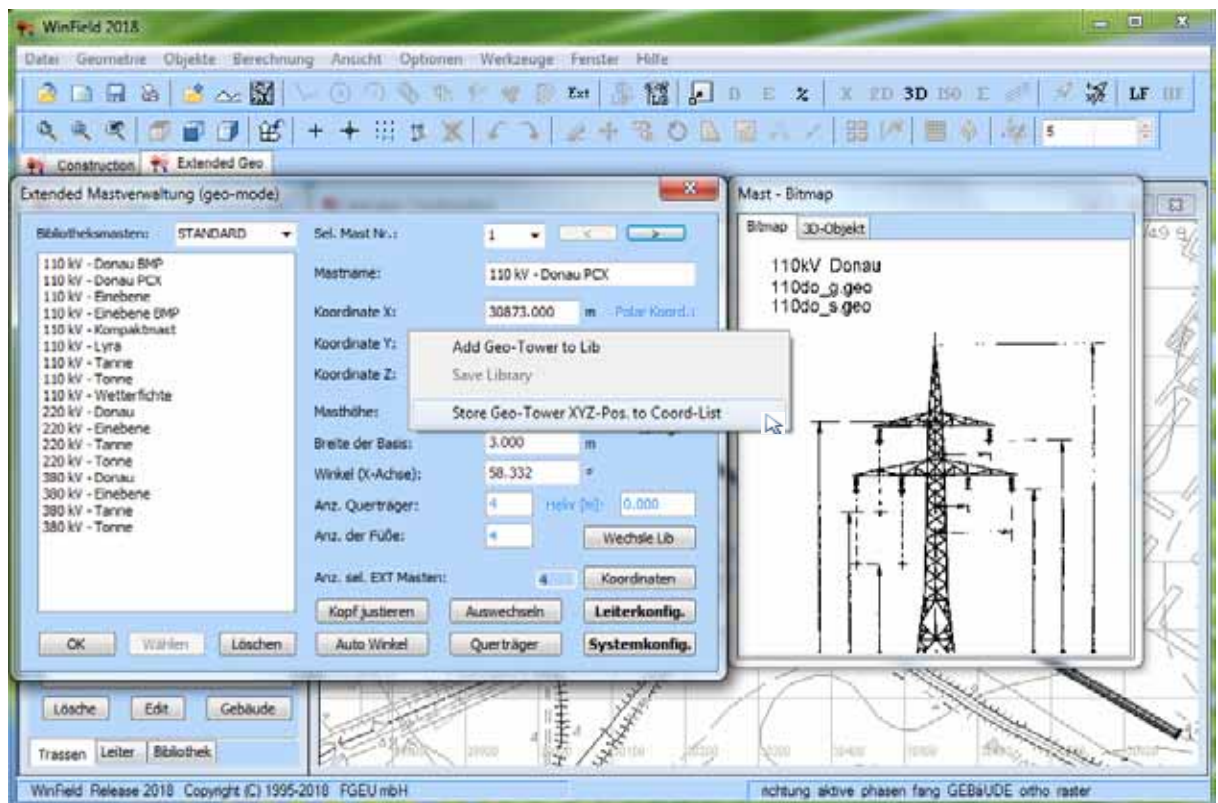
Leeren Sie daraufhin die Koordinatenliste per Schalter **LÖSCHE ALLE**.

## Elektrische Schirmung: Schritt 3


Die bestehenden Masten mit einem Erdseil sollen nun durch neue Masten mit zwei Erdseilen ersetzt werden, wozu die Positionen der Masten zu extrahieren sind.

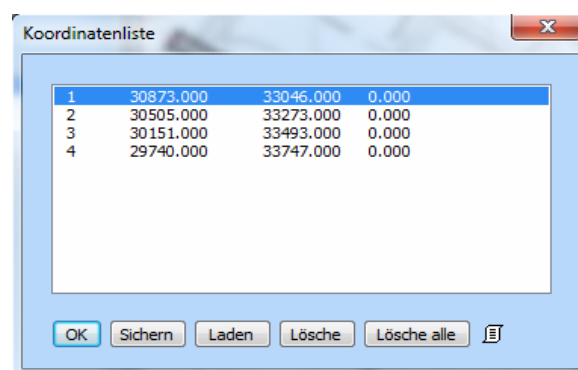
Öffnen Sie dazu die **Mastverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1T) im **Trasseneditor**. Wählen Sie nun in der **Mastverwaltung** den **Mast Nr. 1** aus.

Klicken Sie daraufhin in der **Mastverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und selektieren Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **STORE GEO-TOWER XYZ-POS. TO COORD-LIST**.



Schließen Sie die **Mastverwaltung** mittels **OK**.

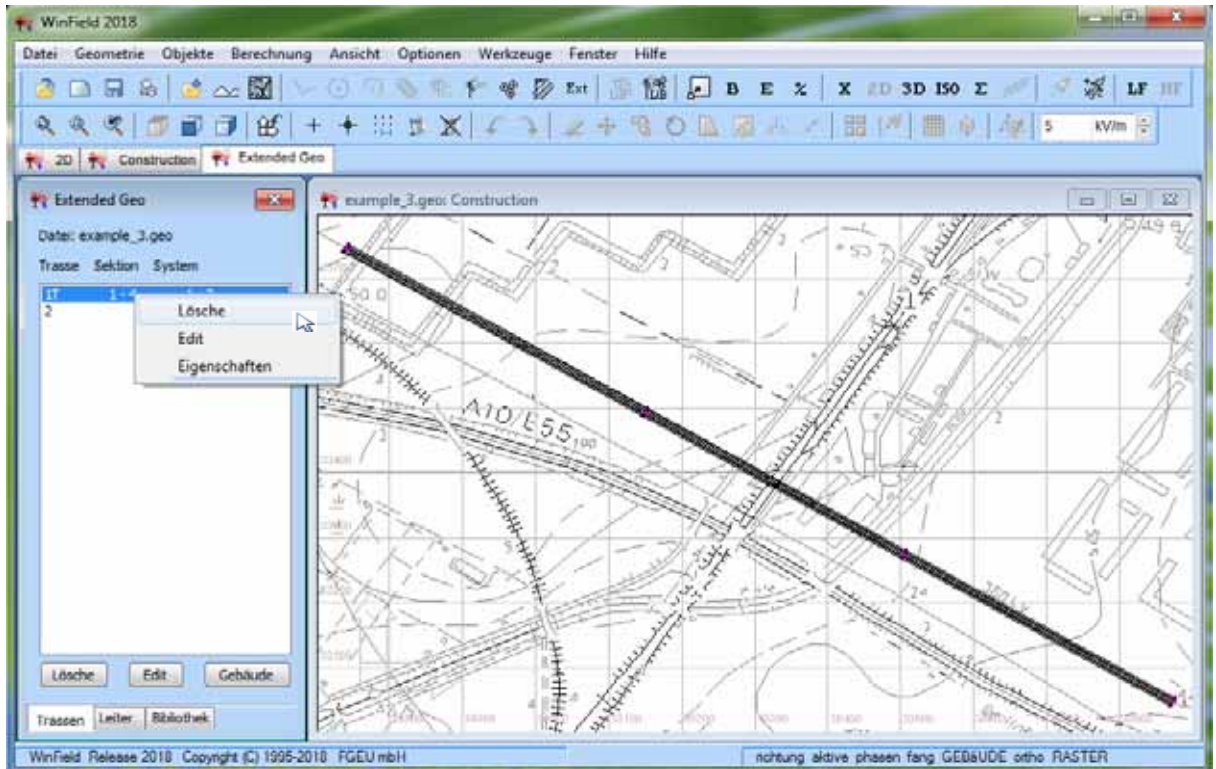
Zur Kontrolle öffnen Sie die Koordinatenliste mittels des  Buttons in der Toolbar. In der Liste sind jetzt die Positionen der bestehenden Masten gesichert. Schließen Sie die Liste anschließend wieder mittels **OK**.



## Elektrische Schirmung: Schritt 4

Nach Sicherung der Positionen der Masten in der Koordinatenliste, kann die Trasse gelöscht werden.

Klicken Sie dazu im **Trasseneditor** mit der rechten Maustaste auf die Trasse **1T** und wählen im **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **LÖSCHE**.

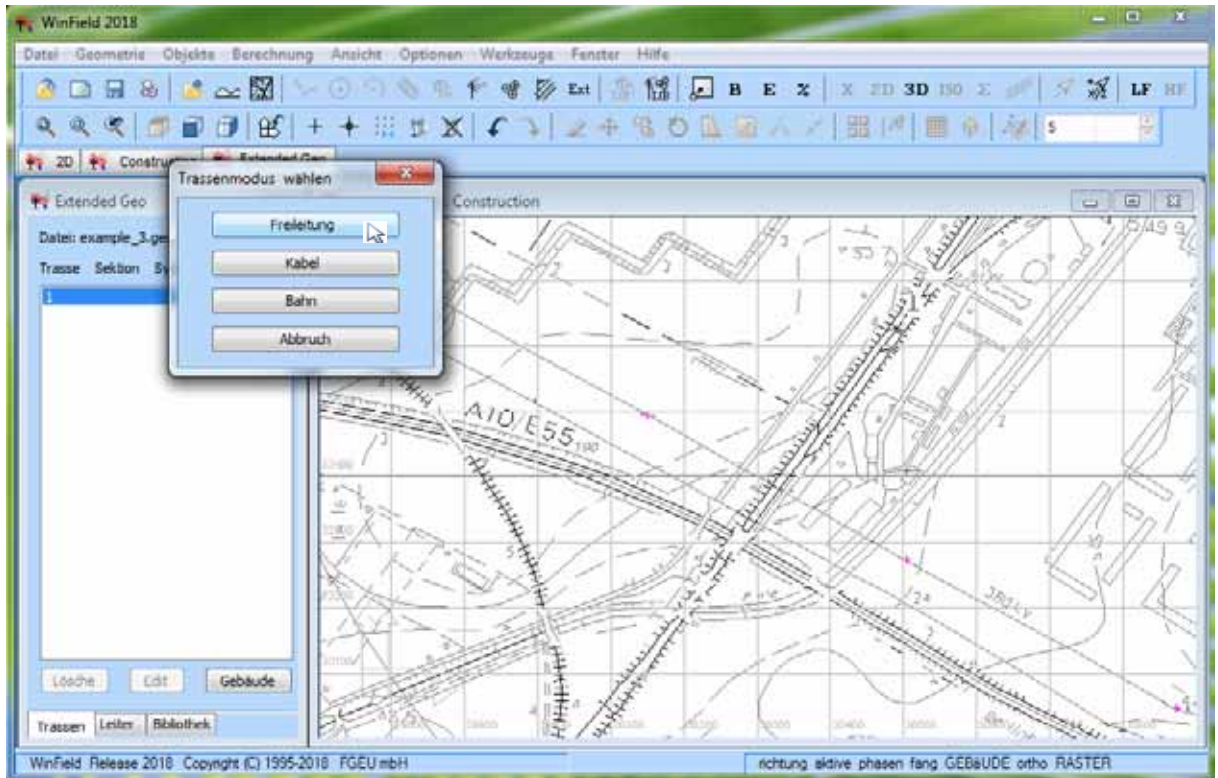




## Elektrische Schirmung: Schritt 5

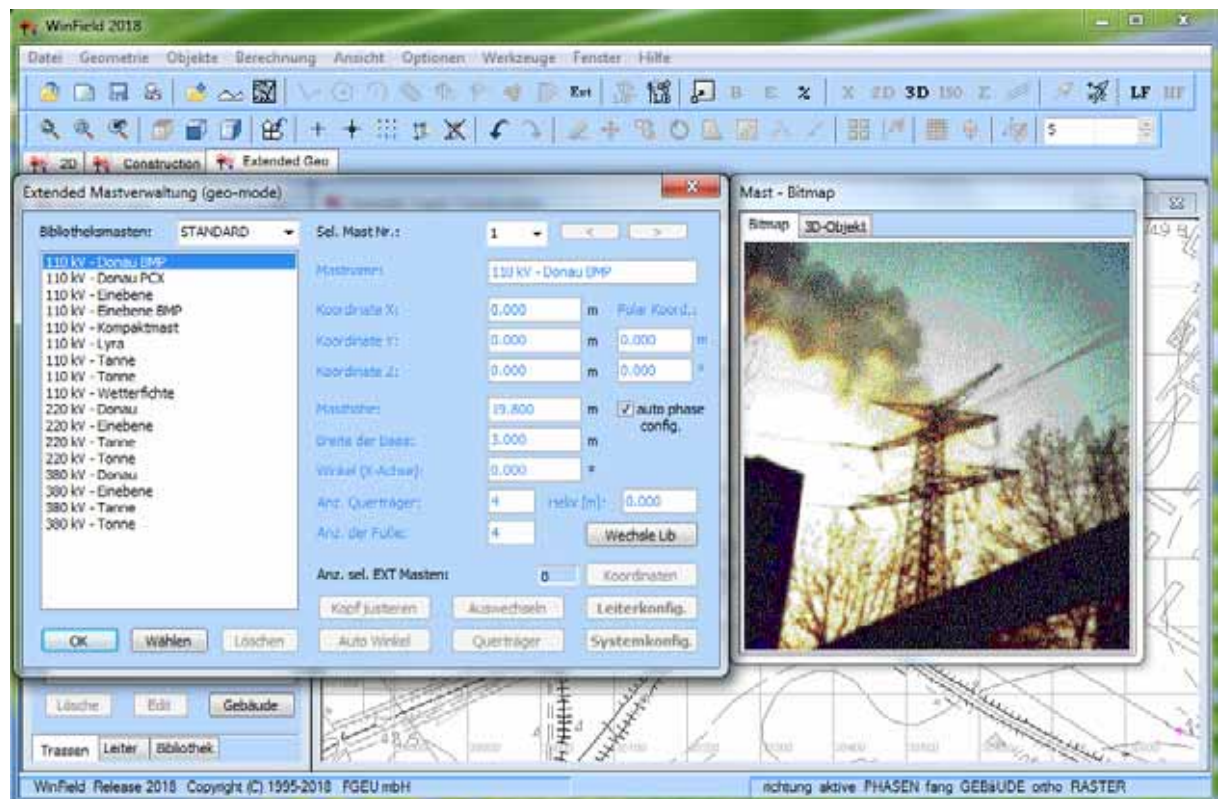
Im **Konstruktionsfenster** sind anschließend nur noch die extrahierten Koordinaten der Masten zu sehen.

Doppelklicken Sie nun auf den leeren Listeneintrag '1' im **Trasseneditor** um eine Trasse mit den neuen Masten zu erstellen. Es öffnet sich der **Trassenmodus wählen** Dialog. Betätigen Sie darin den Button **FREILEITUNG**.

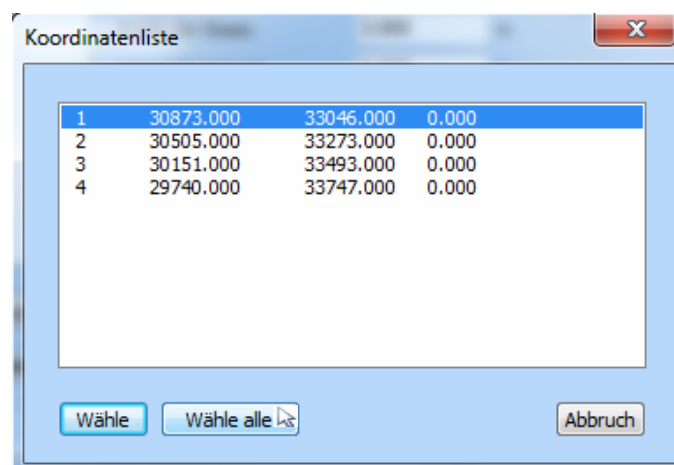


## Elektrische Schirmung: Schritt 6

Daraufhin öffnet sich die **Mastverwaltung**. In dieser selektieren Sie in der 'STANDARD' Bibliothek den Masten '110 kV - Donau BMP' und klicken viermal auf **WÄHLEN** um 4 neue Masten dieses Typs mit zwei Erdseilen einzufügen.




Anschließend wechseln Sie per Schalter  zu Mast **Nr. 1** und klicken auf **KOORDINATEN**. Um den neuen Masten die bestehenden Positionen zuzuordnen, klicken Sie in der sich öffnenden **Koordinatenliste** auf **WÄHLE ALLE**.

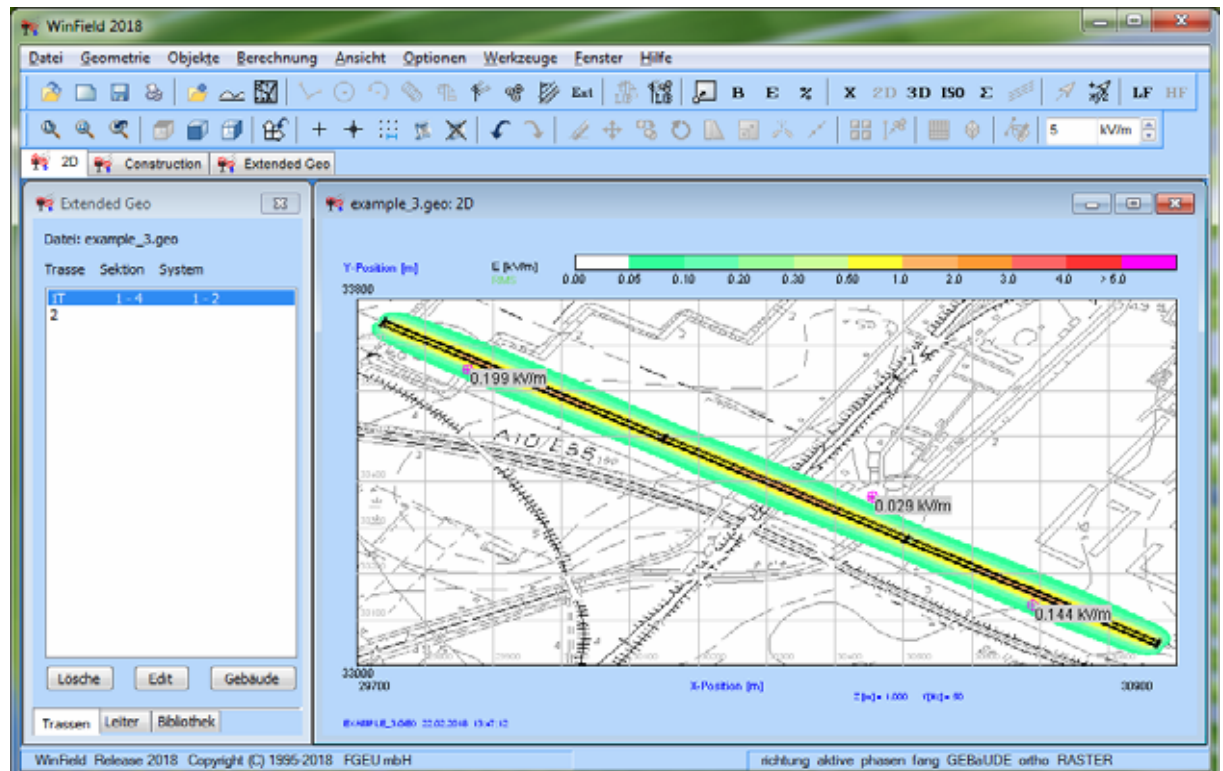


Schließen Sie die **Mastverwaltung** danach mittels **OK**.

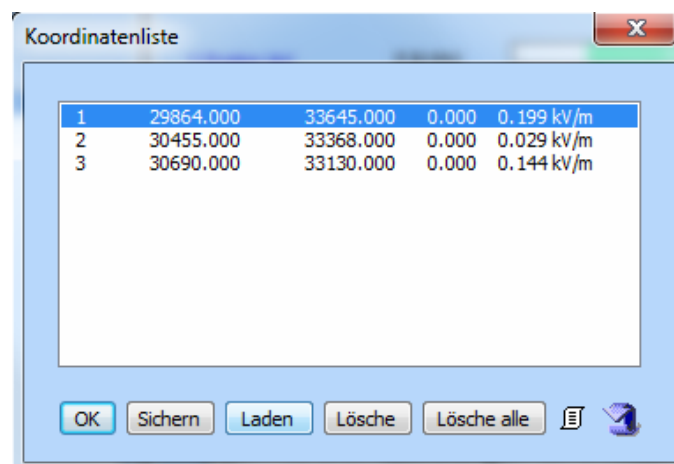
## Elektrische Schirmung: Schritt 7

Führen Sie eine Berechnung der elektrischen Feldstärke per Button **E** der Toolbar durch.

Öffnen Sie jetzt mittels des Buttons  der Toolbar die **Koordinatenliste** und klicken auf **LADEN**. Wählen Sie die '**Koordinatenliste\_Alt.kor**' aus und klicken auf **ÖFFNEN**. Diese enthält bereits die neuen elektrischen Feldstärken für die jeweiligen Koordinaten. Schließen Sie anschließend das Fenster mittels **OK**. Das Ergebnis sieht im **2D-Fenster** wie folgt aus.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste per Button  der Toolbar.



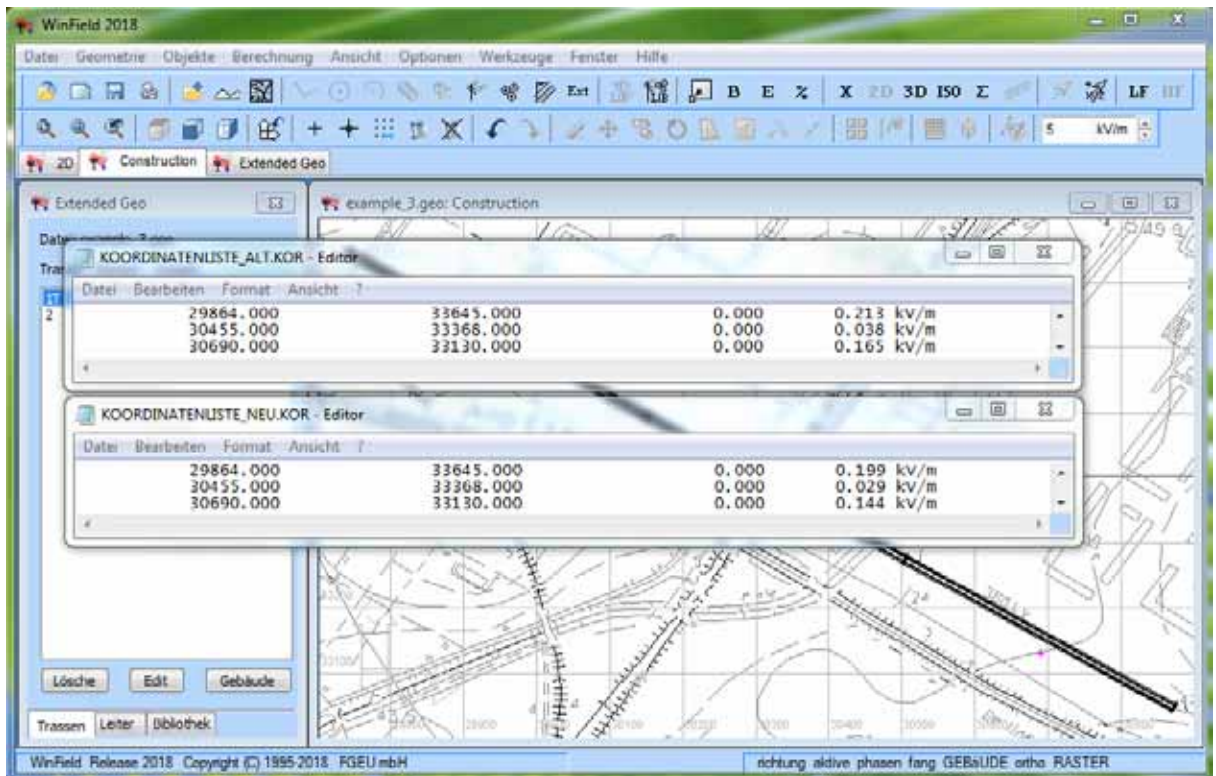
	X-Position [m]	Y-Position [m]	Z-Position [m]	Electric Field Strength [kV/m]
1	29864.000	33645.000	0.000	0.199 kV/m
2	30455.000	33368.000	0.000	0.029 kV/m
3	30690.000	33130.000	0.000	0.144 kV/m

Buttons: OK, Speichern, Laden, Löschen, Löschen alle

Abschließend **SICHERN** Sie diese mit dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'.

## Elektrische Schirmung: Schritt 8

Hier folgt nun noch der Vergleich der Ergebnisse.




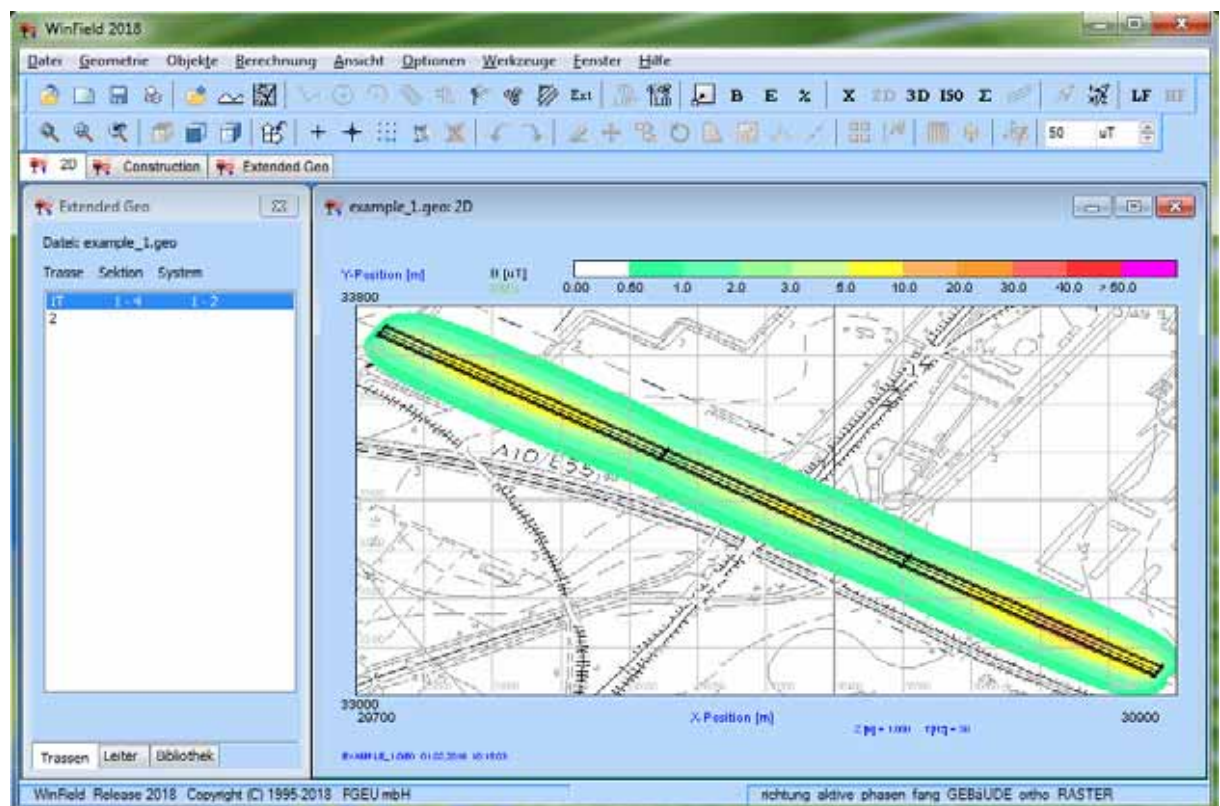
An allen drei MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte eine Verringerung der Immission erzielt werden.




# Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 1

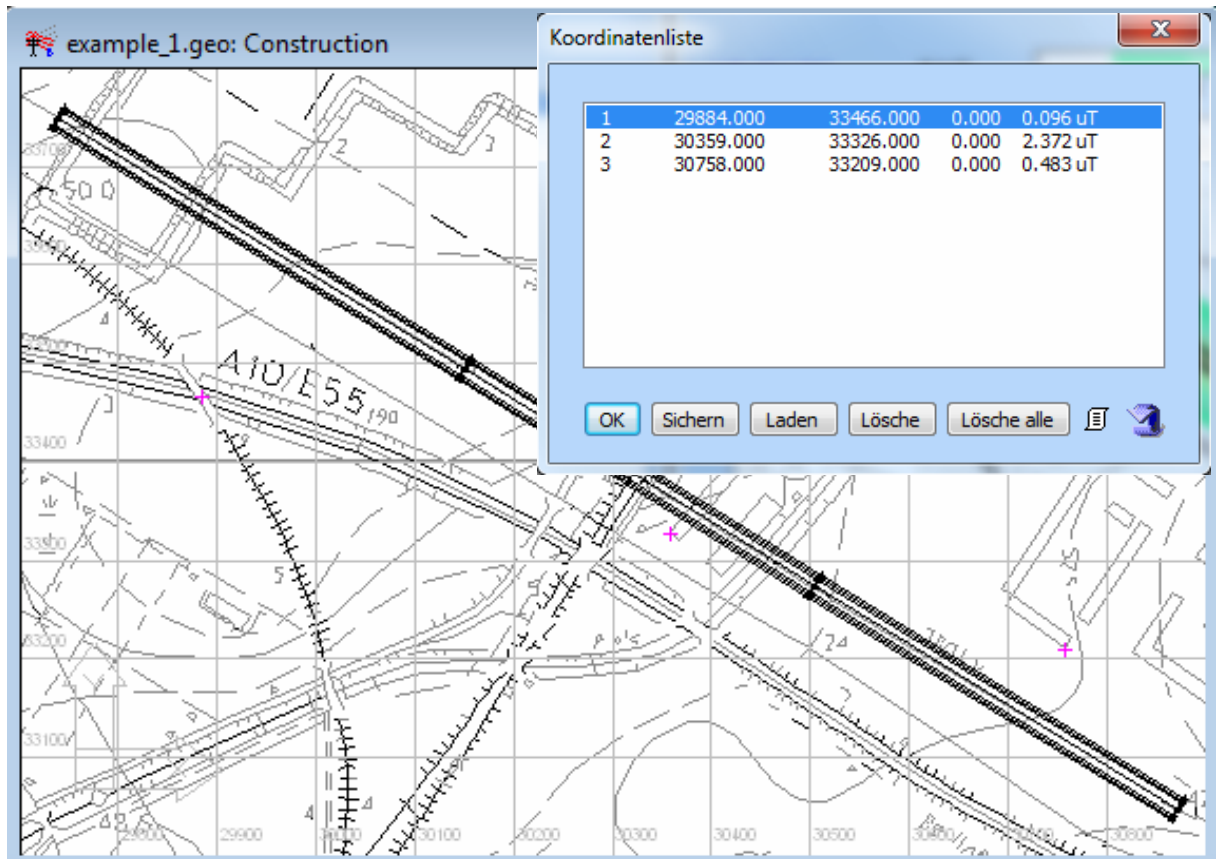
Die Minimierung der Immission am MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Verringerung der Abstände zwischen den einzelnen Leiterseilen oder durch die Verringerung des Abstandes zwischen den Systemen als Ganzes erreicht. Dadurch kann die Kompensation der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte verbessert werden. In diesem Beispiel wird der Abstand zwischen den beiden Systemen um 1 m verringert.



Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 380-kV-Freileitung bestehend aus Donau-Masten. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_1.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BImSchV26VwV'.



## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 2

Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster** und klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Betätigen Sie die rechte Maustaste zum Beenden der Auswahl.




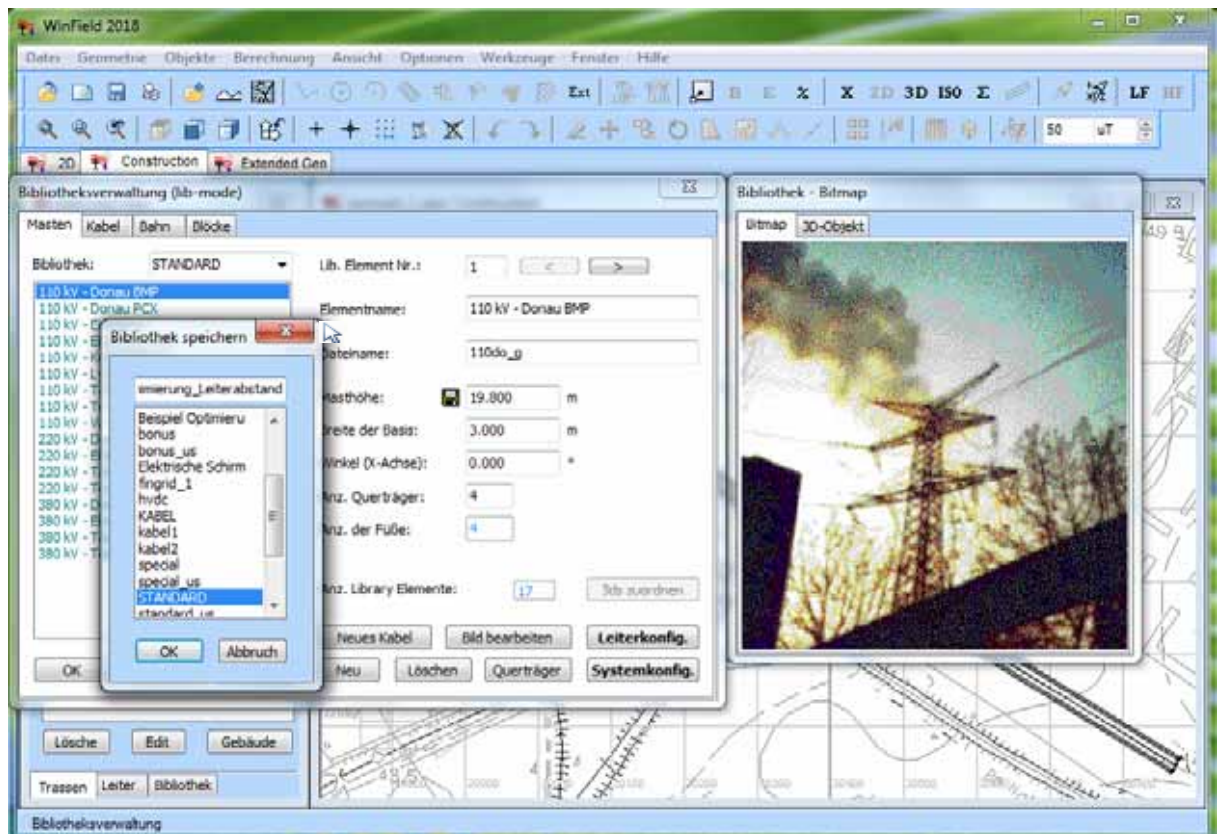
Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie nun auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der magnetischen Flussdichte anzeigen oder aktualisieren zu lassen.

**SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 3



Damit nicht für jeden einzelnen Masten die **Leiterkonfiguration** verändert werden muss, werden im Folgenden die Masten aus der Geometrie extrahiert, in der Bibliothek bearbeitet und wieder bei den entsprechenden Koordinaten eingefügt.

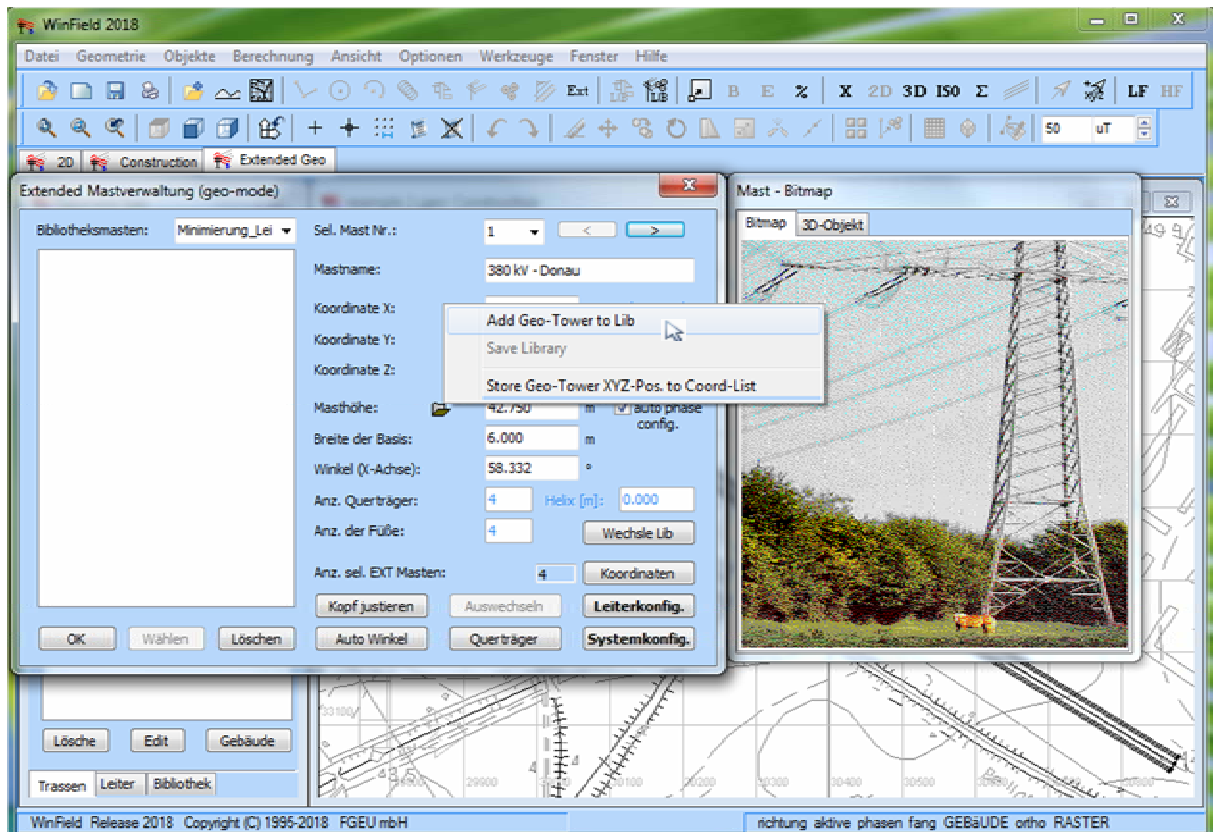
Öffnen Sie dazu die **Bibliotheksverwaltung** mit dem Button  der Toolbar. Wählen Sie im Drop-down Menü '**STANDARD**' aus (siehe Mauszeiger) und klicken Sie auf **SICHERN** um eine neue Bibliothek zu erstellen. Im Dialog **Bibliothek speichern** geben Sie in der obersten Zeile den neuen Namen '**Minimierung\_Leiterabstand**' ein.



Bestätigen Sie den Dialog mit **OK** und entfernen Sie die vorhandenen Masten mittels **LÖSCHEN**. Schließen Sie anschließend auch die **Bibliotheksverwaltung** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 4


In diese neue Bibliothek fügen Sie nun den entsprechenden Mast, den Sie bearbeiten möchten, aus der Geometrie ein. Dazu öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Trasse **1T** im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung** und wählen per Schalter   den **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin in der **Mastverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und wählen Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **ADD GEO-TOWER TO LIB** aus.

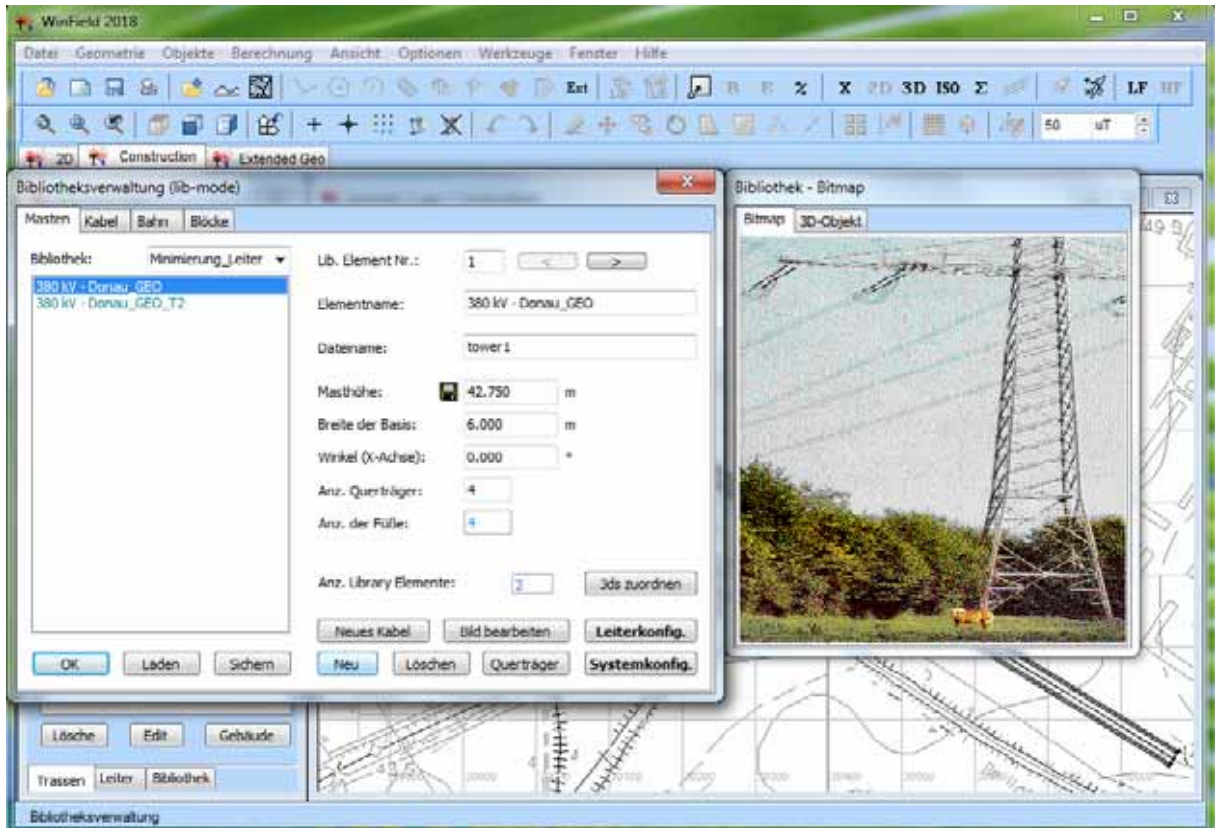


Sie legen hiermit einen neuen Bibliothek-Mast mit dem Namen **'380 kV - Donau\_Geo'** an, welcher aus der Geometrie extrahiert wurde. Dieser besitzt dieselben Parameter und Einstellungen wie das Original in der Geometrie. Schließen Sie die **Mastverwaltung** mittels **OK** und bestätigen Sie den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.



## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 5

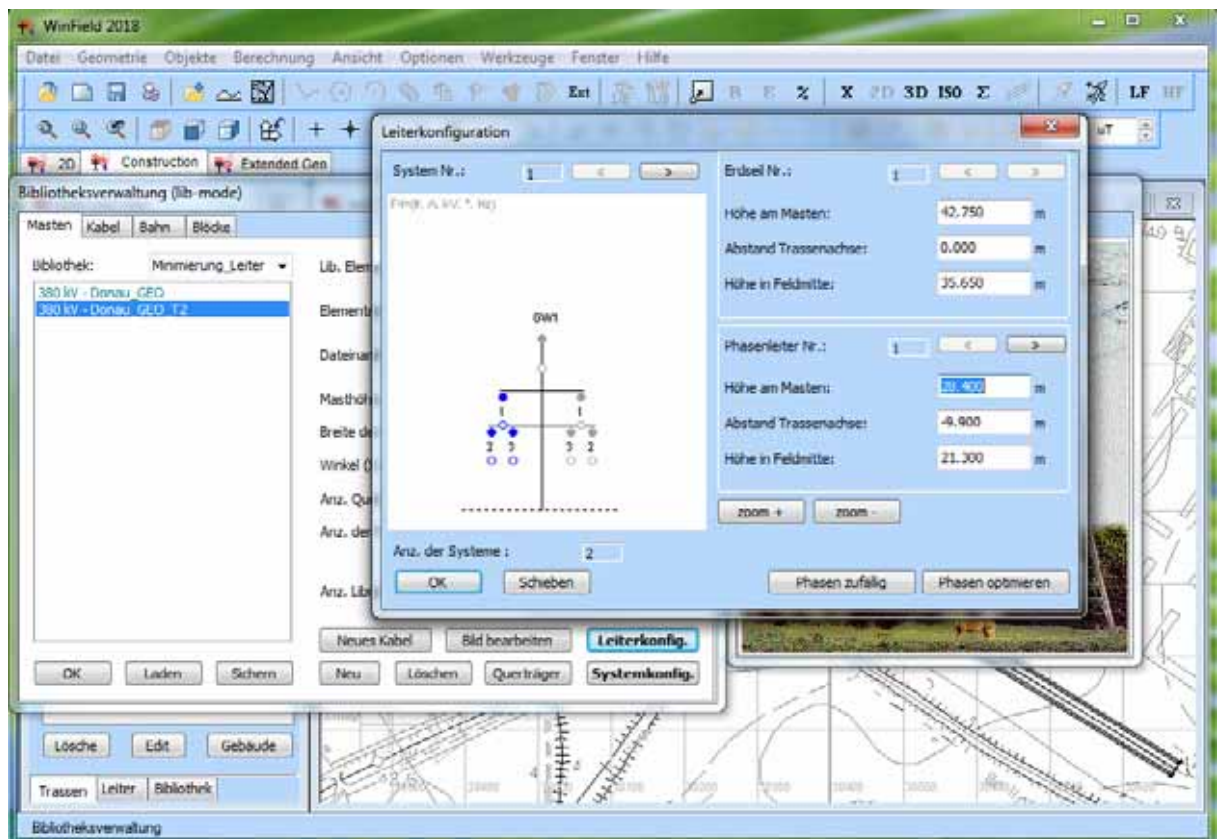
Als nächstes soll der extrahierte Mast bearbeitet werden. Öffnen Sie hierzu die **Bibliotheksverwaltung** per Button  der Toolbar und wählen den Mast '380 kV - Donau\_Geo' aus. Klicken Sie daraufhin auf **NEU**, um von diesem eine Kopie mit dem Namen '380 kV - Donau\_Geo\_T2' zu erstellen.



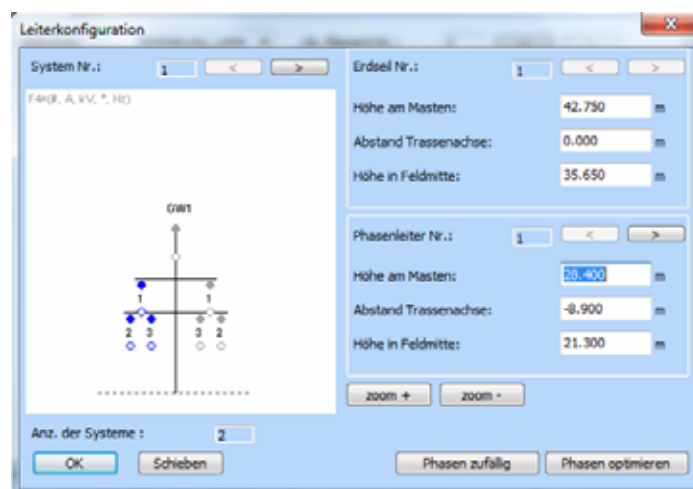
Diese Kopie des Masten ist ein exaktes Duplikat, sodass immer auf den originalen Mast zurückgegriffen werden kann.

## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 6

Nun wird das Duplikat des Masten bearbeitet. Wählen Sie dazu den Mast '380 kV - Donau\_Geo\_T2' aus und öffnen die **LEITERKONFIG.** Sie erhalten die folgende Darstellung.



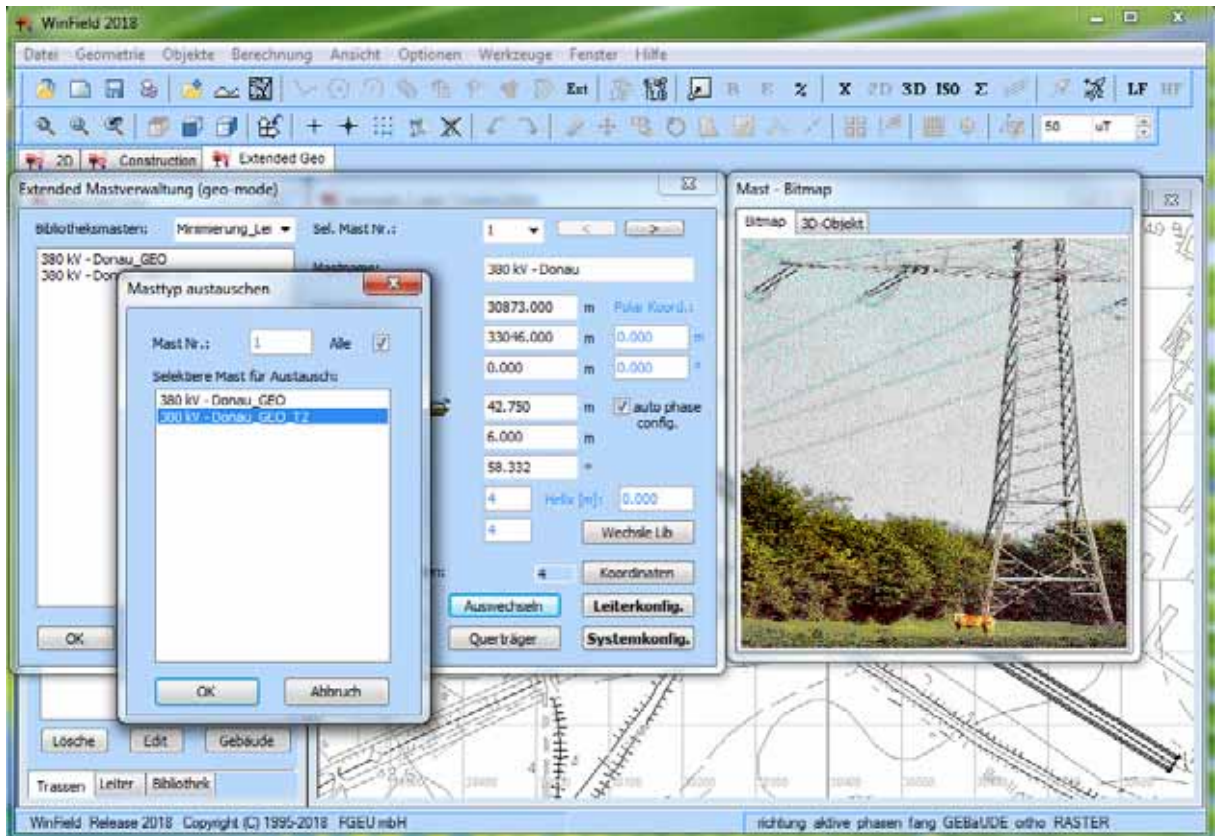
Geben Sie nun für Phasenleiter **Nr. 1** der beiden Systeme **Nr. 1** und **2** jeweils einen 1 m kürzeren **Abstand Trassenachse** ein. Damit beträgt der jeweils neue **Abstand Trassenachse** -8.9 und 8.9 m. Anschließend geben Sie auch für die Phasenleiter **Nr. 2** und **3** beider Systeme einen 1 m kürzeren **Abstand Trassenachse** ein.




Schließen Sie die **Leiterkonfiguration** und die **Bibliotheksverwaltung** mittels **OK** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

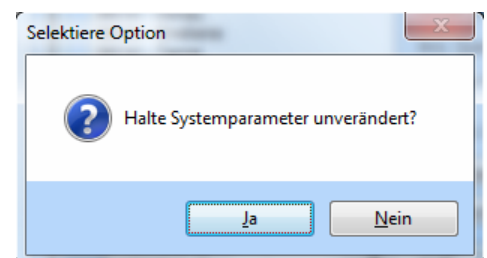
## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 7

Jetzt werden die alten Masten durch die neuen Masten ersetzt. Öffnen Sie dazu die **Mastverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1T) im **Trasseneditor**.



Wählen Sie über den Schalter  **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin auf **AUSWECHSELN** und wählen im sich öffnenden **Masttyp austauschen** Dialog, den neuen Mast **'380 kV - Donau\_Geo\_T2'**. Setzen Sie anschließend den Checkhaken **ALLE** und bestätigen den Dialog mit **OK**.

Klicken Sie bei der sich öffnenden Abfrage **'Halte Systemparameter unverändert'** auf **JA** und schließen Sie auch die **Mastverwaltung** mit **OK**. Durch das Beibehalten der Systemparameter bleiben alle elektrischen Parameter konstant und werden nicht überschrieben, während alle geometrischen Parameter angepasst werden.

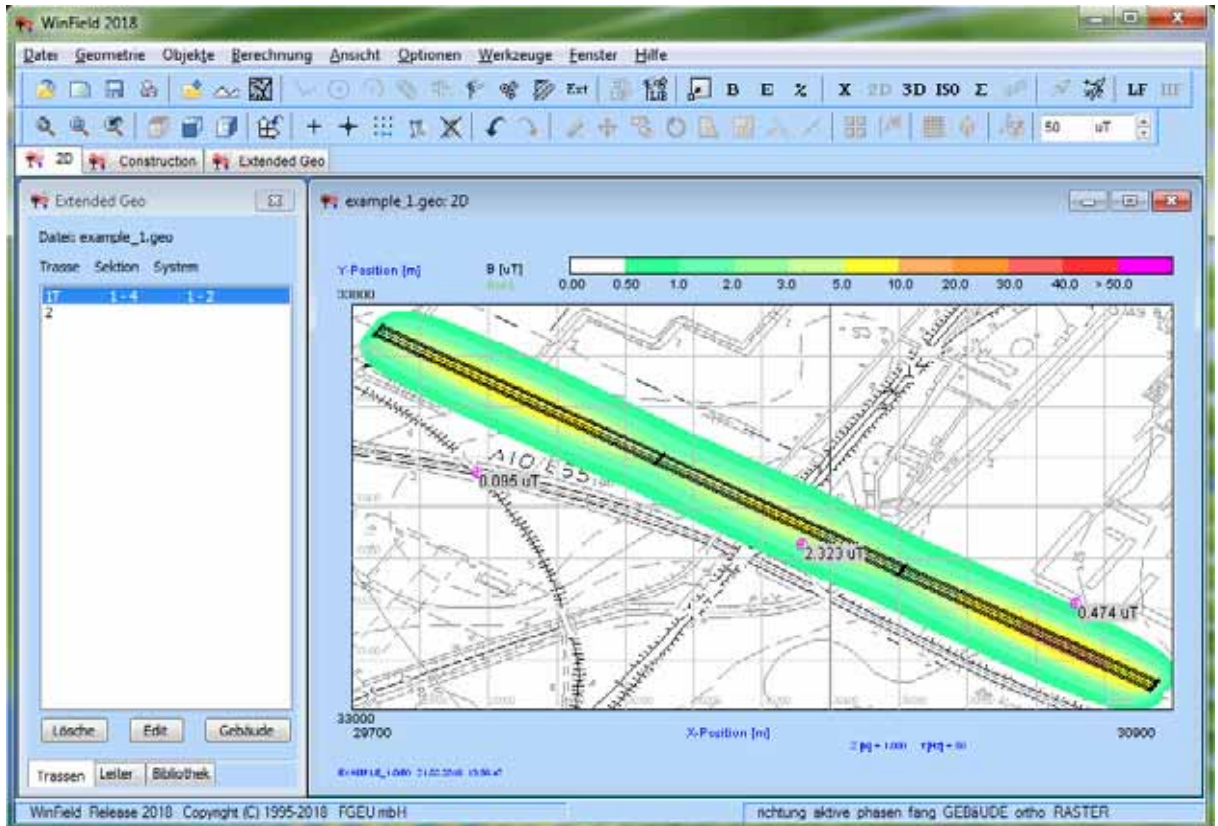


**Hinweis:** Klicken Sie bei der Abfrage auf **NEIN** werden Ströme, Spannungen, Phasen etc. vom neuen Masttypen übernommen, was in diesem Beispiel nicht beabsichtigt ist.



## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 8

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mit dem Button  der Toolbar.

Koordinatenliste

1	29884.000	33466.000	0.000	0.095 uT
2	30359.000	33326.000	0.000	2.323 uT
3	30758.000	33209.000	0.000	0.474 uT

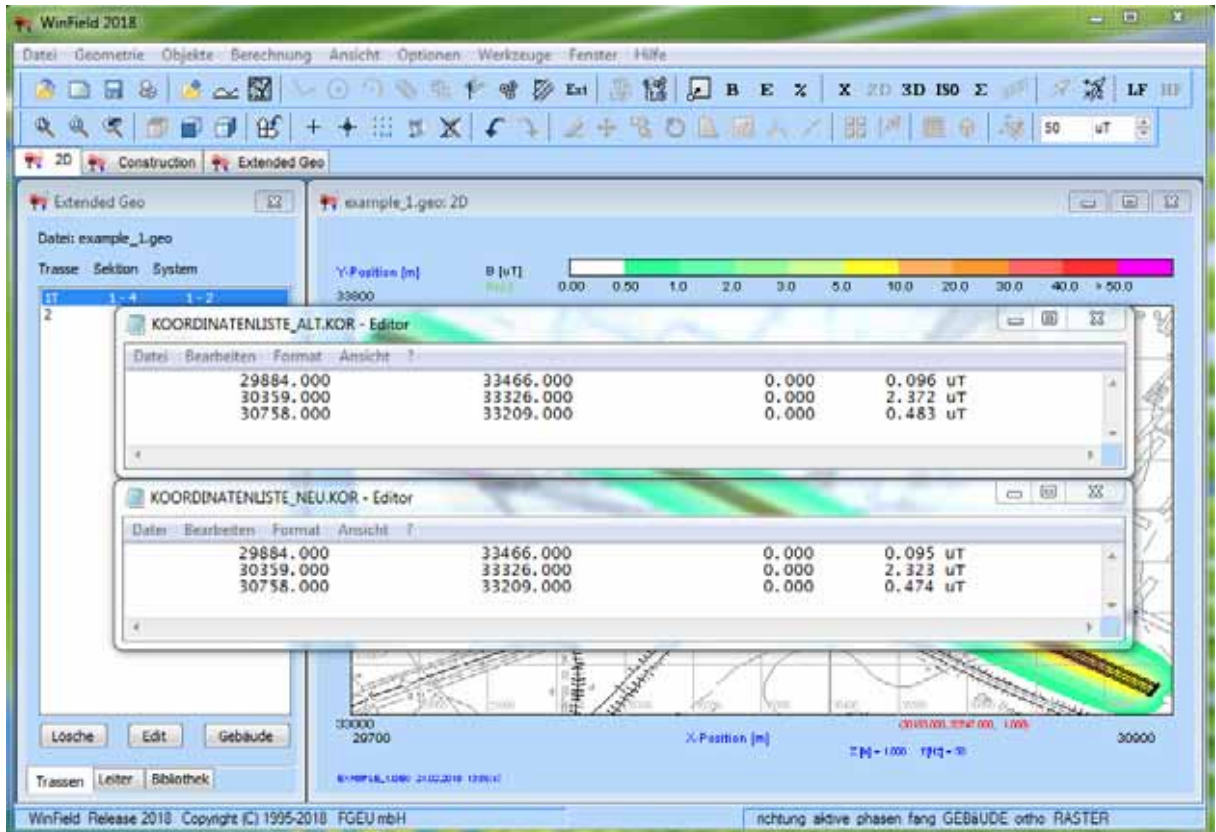
OK Sicher Laden Lösche Lösche alle

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'.



## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 9

Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine Verringerung der Immission an den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN zu erkennen.




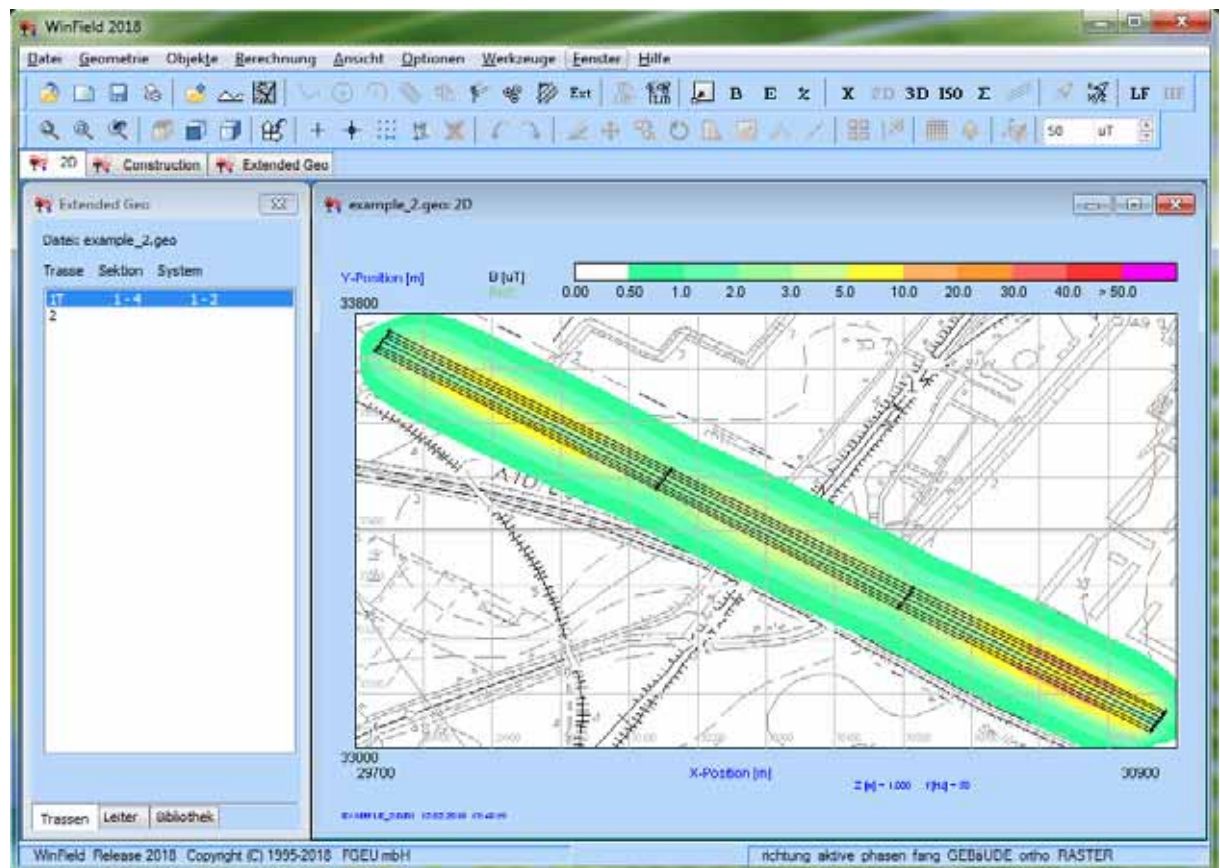
**Hinweis:** Neben der Möglichkeit den Abstand der beiden Systeme zu verringern, können auch die Abstände zwischen den einzelnen Phasenleitern selbst verringert werden.

# Optimierung des Mastbildes: Schritt 1


Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Optimierung des Mastbildes erreicht. Damit kann die Kompensation der elektrischen Feldstärke oder magnetischen Flussdichte verbessert und die Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden. In diesem Beispiel werden die Einebene-Masten durch Donau-Masten ersetzt.

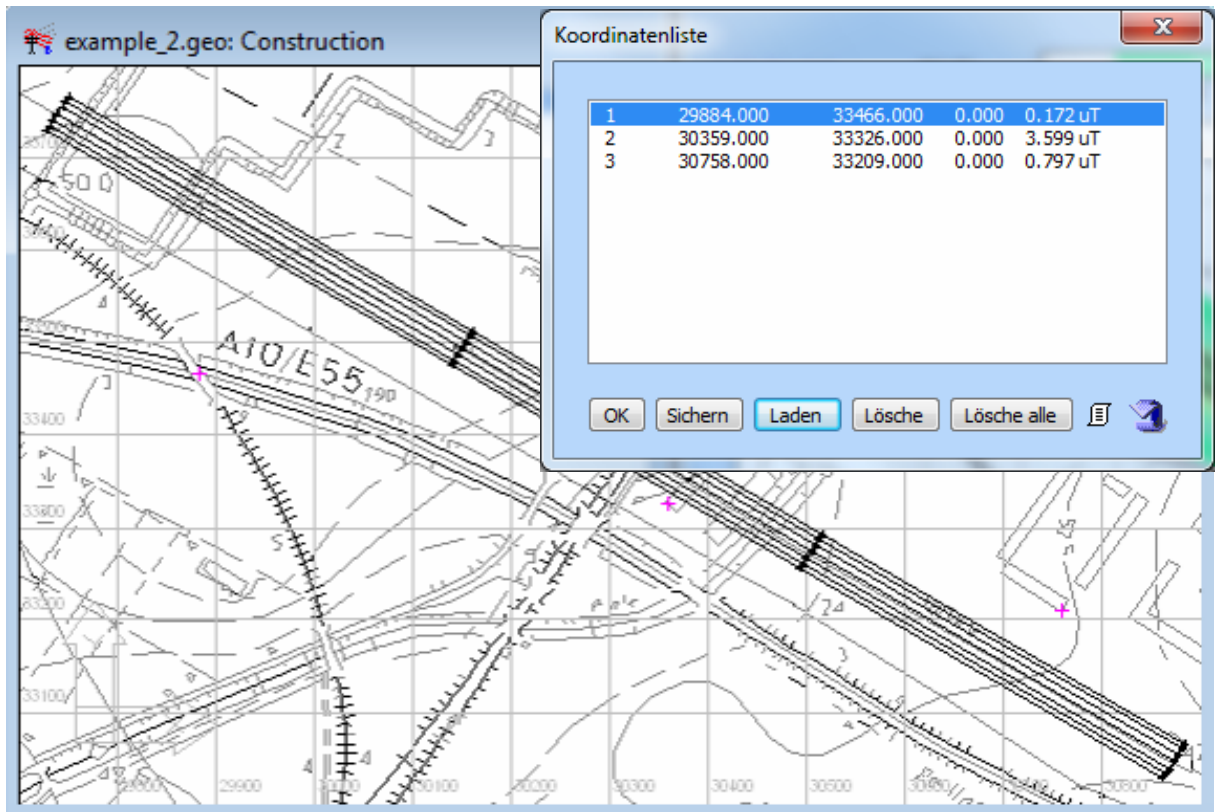
**Hinweis:** Das optimale Mastbild kann für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte unterschiedlich sein.



Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 380-kV-Freileitung bestehend aus Einebene-Masten. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_2.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.



## Optimierung des Mastbildes: Schritt 2

Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster** und klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Betätigen Sie die rechte Maustaste zum Beenden der Auswahl.

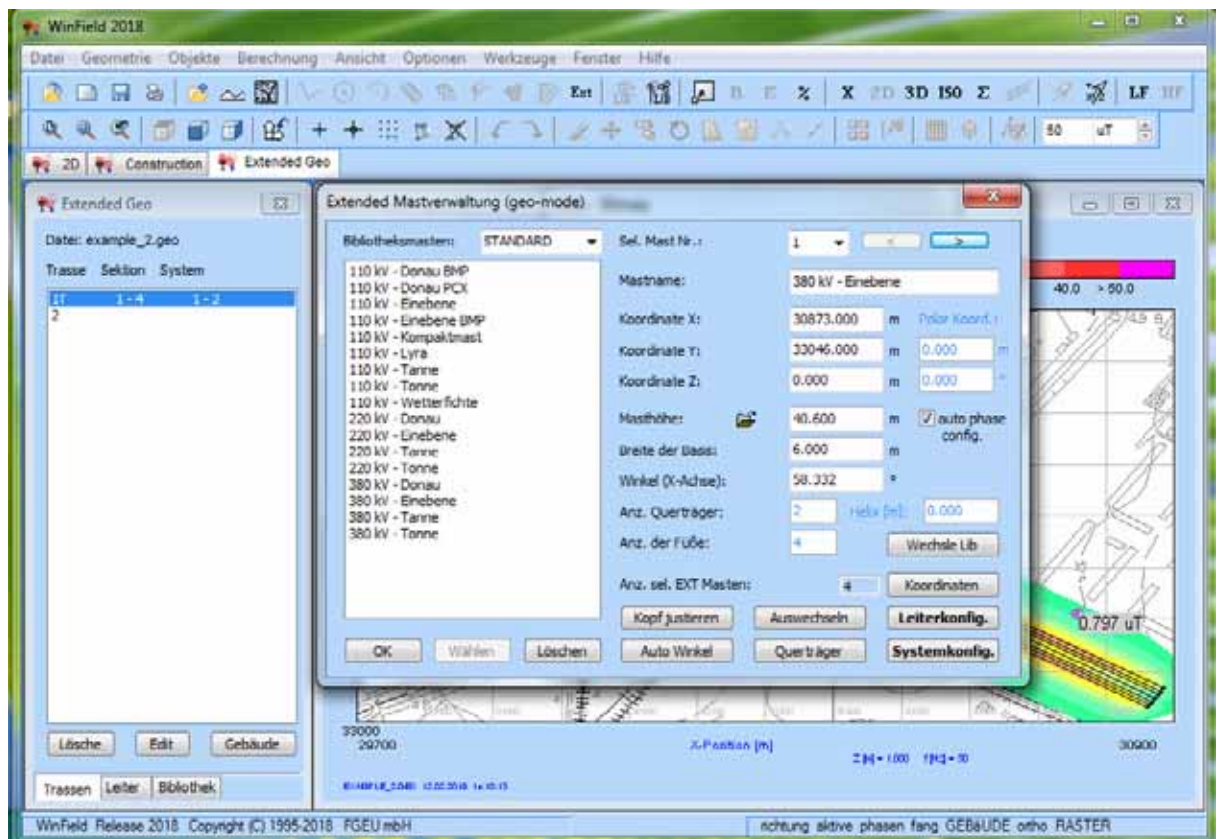


Anschließend wählen Sie in der Toolbar den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie nun auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der magnetischen Flussdichte anzuzeigen oder aktualisieren zu lassen.

**SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

## Optimierung des Mastbildes: Schritt 3

Nun werden die Einebene-Masten durch Masten mit einem 'DONAU' Mastbild ausgetauscht. Dazu öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Trasse **1T** im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung**.



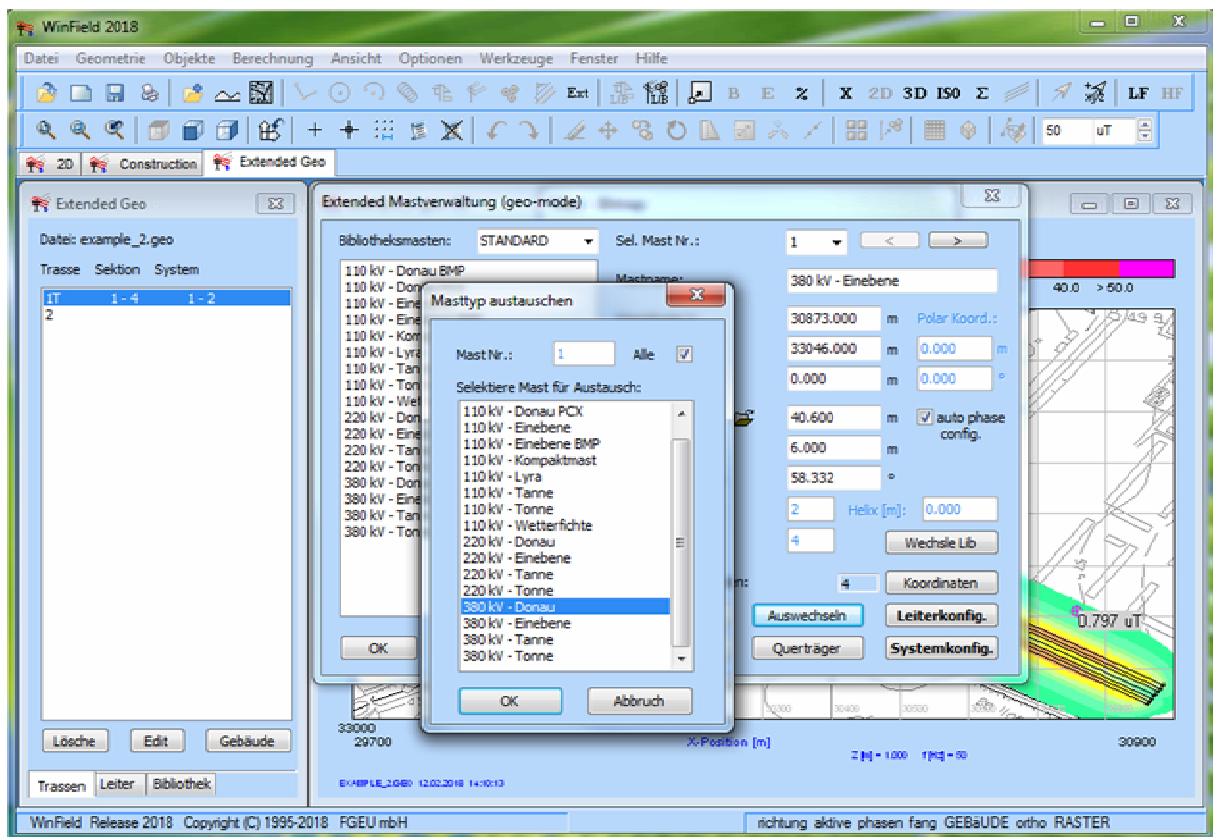
Wählen Sie die Bibliothek '**STANDARD**'. Selektieren Sie per Schalter **Mast Nr. 1** und klicken auf **AUSWECHSELN**.



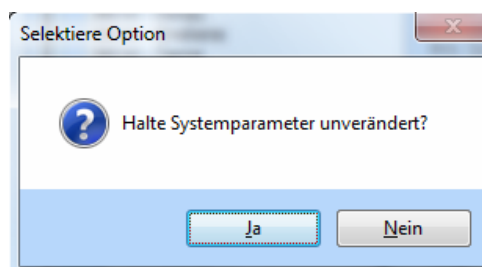


## Optimierung des Mastbildes: Schritt 4

Es öffnet sich der **Masttyp austauschen** Dialog. Setzen Sie hier den Checkhaken **ALLE** und wählen den Mast **'380 kV - Donau'** aus. Bestätigen Sie den Dialog daraufhin mit **OK**.



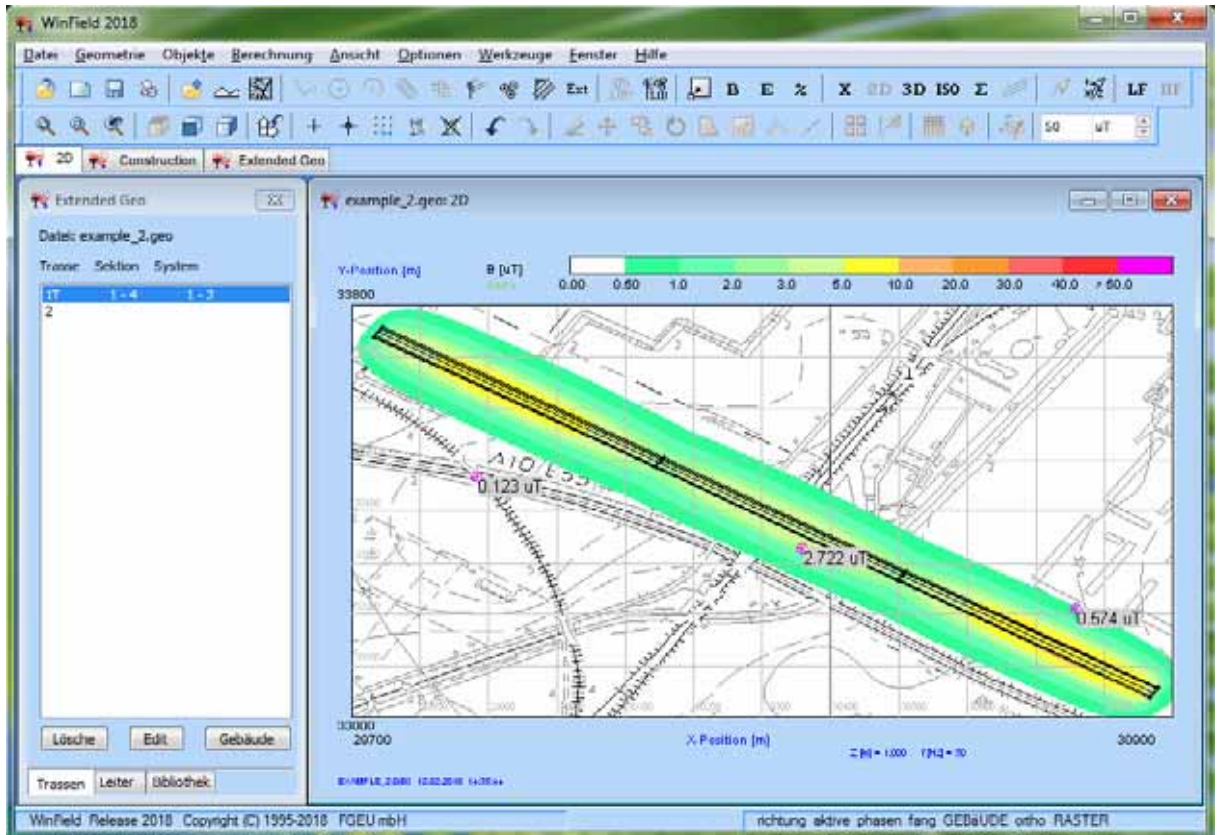
Anschließend öffnet sich die folgende Abfrage. Bestätigen Sie diese mittels **JA** und schließen Sie auch die **Mastverwaltung** mit **OK**. Durch das Beibehalten der Systemparameter bleiben alle elektrischen Parameter konstant und werden nicht überschrieben, während alle geometrischen Parameter angepasst werden.



**Hinweis:** Klicken Sie bei der Abfrage auf **NEIN** werden Ströme, Spannungen, Phasen etc. vom neuen Masttypen übernommen, was in diesem Beispiel nicht beabsichtigt ist.

## Optimierung des Mastbildes: Schritt 5

Nachdem die Masten ausgetauscht wurden, führen Sie mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste per Button  der Toolbar.

Koordinatenliste

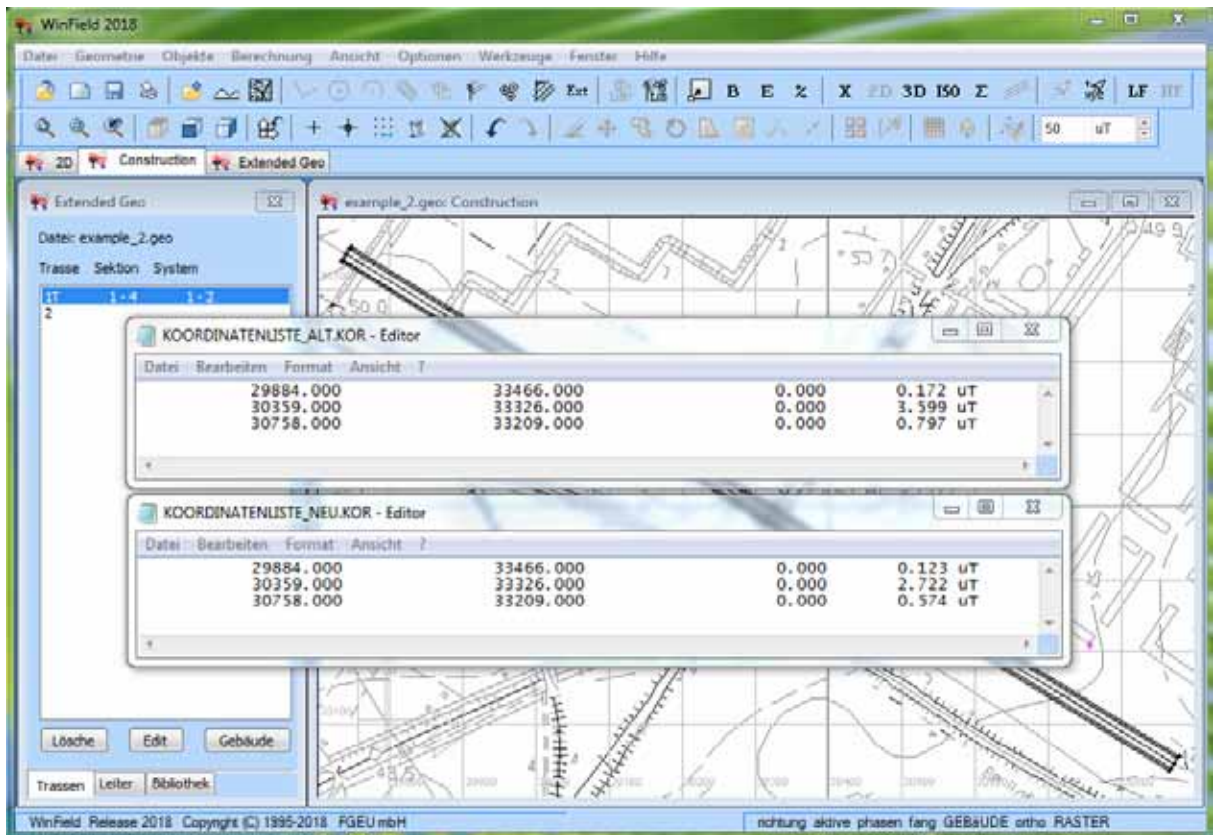
1	29884.000	33466.000	0.000	0.123 uT
2	30359.000	33326.000	0.000	2.722 uT
3	30758.000	33209.000	0.000	0.574 uT

OK Speichern Laden Lösche Lösche alle

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'.

## Optimierung des Mastbildes: Schritt 6

Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt.




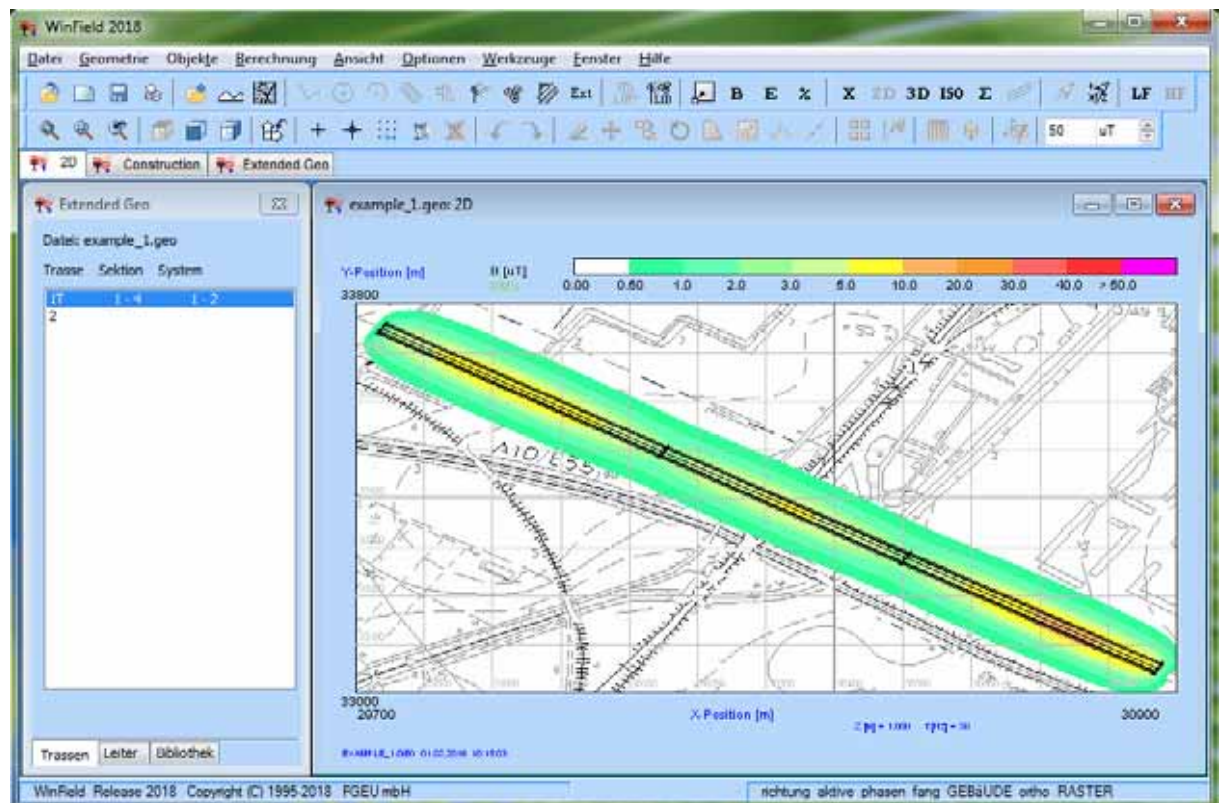
An allen drei MABGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte die magnetische Flussdichte deutlich verringert werden.

# Optimierung der Leiterfolge: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Vertauschung der Phasenfolge der Leiter erreicht (Phasenoptimierung). Bei einer vorgegebenen Leitergeometrie kann so die Kompensation der elektrischen Feldstärke oder magnetischen Flussdichte verbessert und damit die Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden.


**Hinweis:** Die optimale Leiterfolge kann für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte und für den Nah- und Fernbereich unterschiedlich sein.

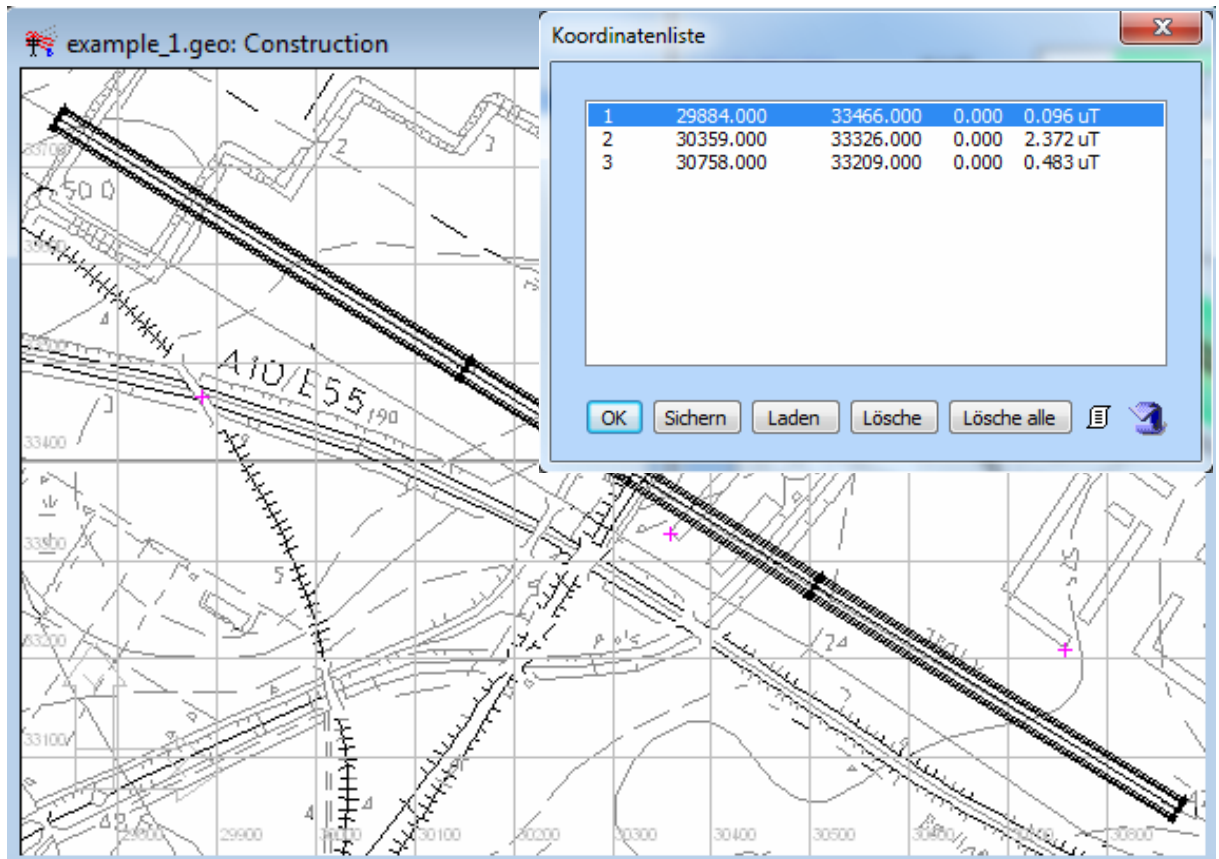
Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 380-kV-Freileitung bestehend aus Donau-Masten. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_1.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.







## Optimierung der Leiterfolge: Schritt 2

Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster** und klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Betätigen Sie die rechte Maustaste zum Beenden der Auswahl.

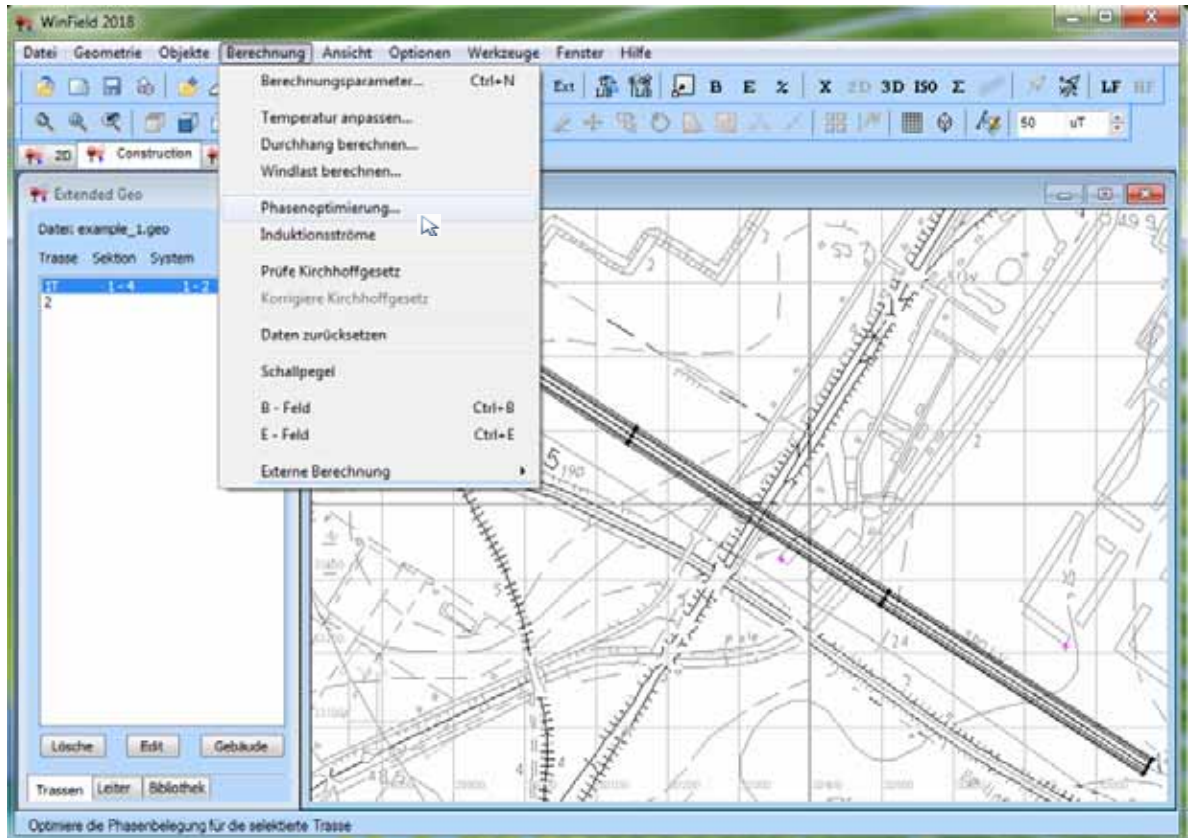


Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie nun auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der magnetischen Flussdichte anzeigen oder aktualisieren zu lassen.

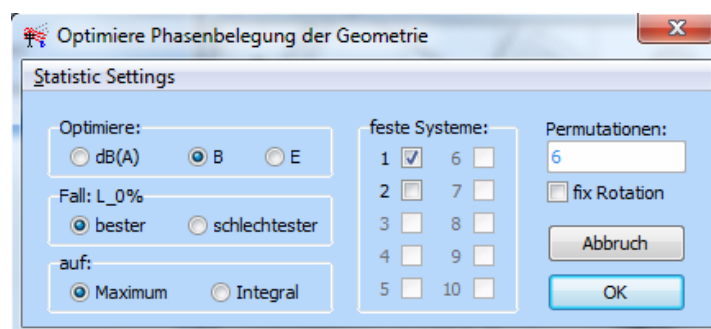
**SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

## Optimierung der Leiterfolge: Schritt 3

Klicken Sie auf das Menü **BERECHNUNG** und wählen **PHASENOPTIMIERUNG...** aus.



In dem sich öffnenden Dialog können verschiedene Einstellungen vorgenommen werden. Es kann festgelegt werden worauf die Phasenlage optimiert werden soll (elektrisches Feld, magnetische Flussdichte, Schallpegel), ob der beste oder schlechteste Fall angenommen werden soll und wie optimiert wird (Maximum, Integral). Zudem können einzelne Systeme blockiert werden, sodass diese sich bei der Optimierung nicht verändern. Stellen Sie nun die Einstellungen wie in der folgenden Abbildung ein und bestätigen Sie den Dialog mittels **OK**.

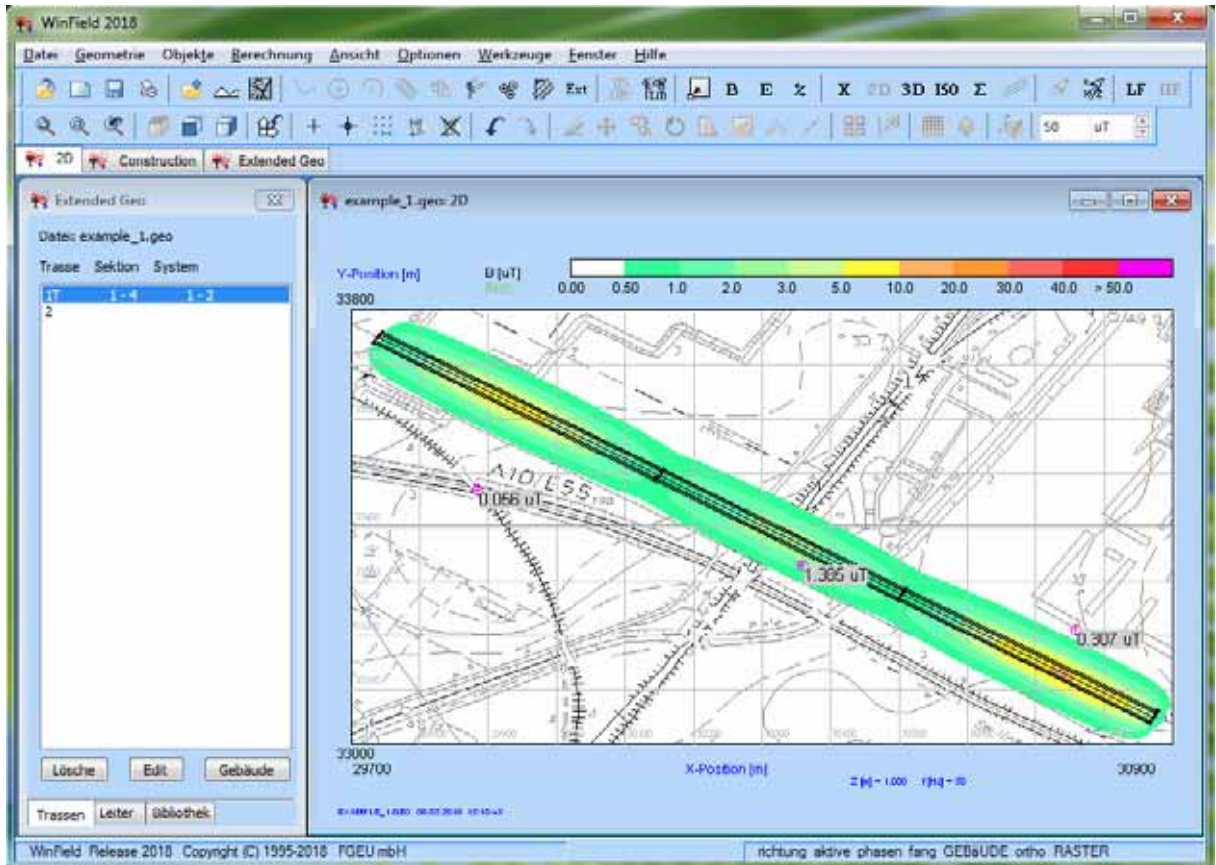


Daraufhin öffnet sich ein Dialog mit Abfrage ob auf 'Punkte der Koordinatenliste <ja>' oder 'regulär <nein>' optimiert werden soll. Bestätigen Sie mit **JA**.

**Hinweis:** Bestätigung mit **NEIN** optimiert auf den Maximalwert der Berechnungsfläche, was nicht beabsichtigt ist.

## Optimierung der Leiterfolge: Schritt 4

Nachdem die entsprechenden Berechnungen durchgeführt sind, werden die Ergebnisse im **2D-Fenster** angezeigt. Es ist eine deutliche Optimierung zu erkennen.



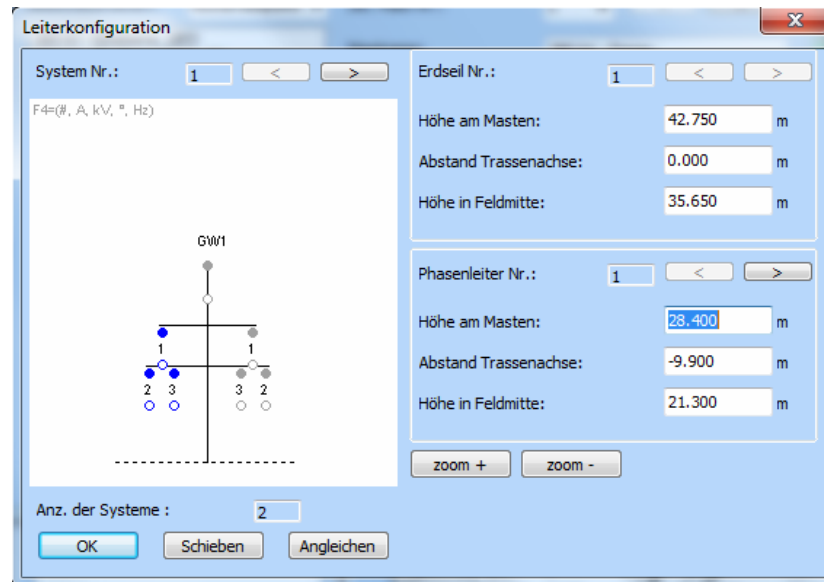
Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste per Button  der Toolbar.

1	29884.000	33466.000	0.000	0.056 uT
2	30359.000	33326.000	0.000	1.385 uT
3	30758.000	33209.000	0.000	0.307 uT

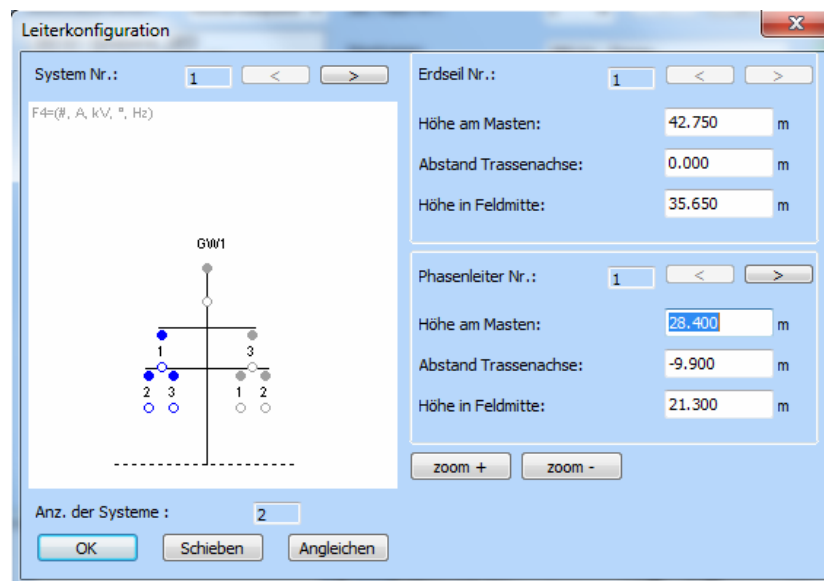
Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'.

## Optimierung der Leiterfolge: Schritt 5

In der **Leiterkonfiguration** der **Mastverwaltung** ist die Änderung der Phasenlage sichtbar. Vor der Optimierung:



Nach der Optimierung:

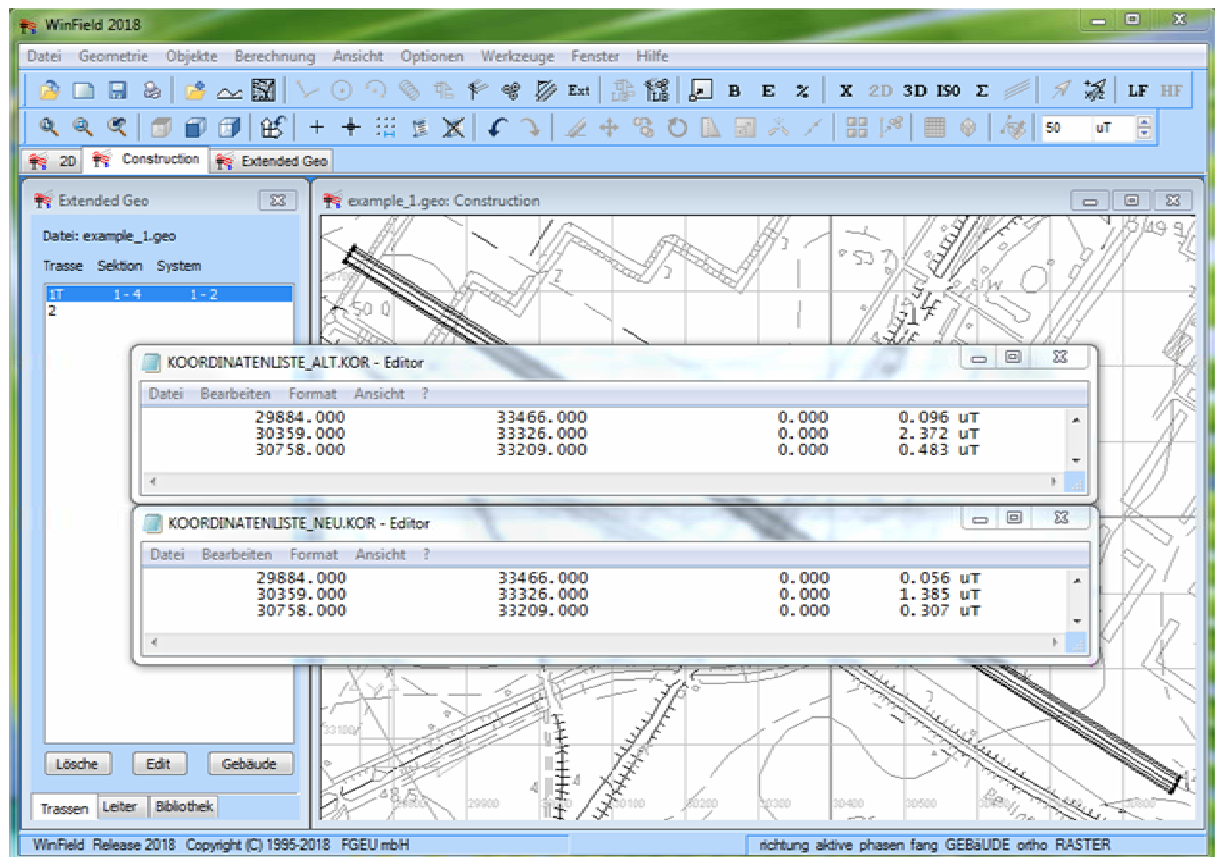


Durch das Festhalten von **System Nr. 1** blieb dieses unverändert, während sich die Phasenreihenfolge in **System Nr. 2** verändert hat. Diese einfache Maßnahme bewirkt eine deutliche Minimierung der Immission an den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN.



# Optimierung der Leiterfolge: Schritt 6

Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt.



# Zusammenfassung der Optimierungen

Die einzelnen Maßnahmen sind unterschiedlich effizient. Die Wirksamkeit wird deshalb im Ergebnis als prozentuale Reduzierung bewertet. Maßnahmen mit einer sehr geringen Wirksamkeit sind bei einer Vorplanung gegebenenfalls aus der Betrachtung auszuklammern, da durch diese nur eine rechtlich nicht belastbare Scheinwirksamkeit vorgetäuscht wird, welche bei der finalen Trassierung unter Umständen wieder aufgehoben wird.

Die exemplarischen Einzelmaßnahmen und deren Wirkungen werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst, wobei eine Maßnahmenkombination zu einer deutlich höheren Wirksamkeit führen kann:

			Vorher B [μT]	Nachher B [μT]	Änderung absolut	Änderung %	Durchschnitt %	
Abstandsoptimierung	a) Erhöhung des Bodenabstandes	#5	IO 1	0.096	0.092	0.004	4.17	
			IO 2	2.372	1.716	0.656	27.66	11.57
			IO 3	0.483	0.469	0.014	2.90	
	b) Versetzen eines Systems	#7	IO 1	1.102	0.605	0.497	45.10	
			IO 2	0.172	0.138	0.034	19.77	41.92
			IO 3	3.599	1.408	2.191	60.88	
	c) Verringerung der Spannfeldlänge	#6	IO 1	2.298	2.108	0.190	8.27	5.60
			IO 2	0.852	0.827	0.025	2.93	
	Minimierung der Leiterseilabstände	#2	IO 1	0.096	0.095	0.001	1.04	
IO 2			2.372	2.323	0.049	2.07	1.66	
IO 3			0.483	0.474	0.009	1.86		
Optimierung des Mastbildes	#1	IO 1	0.172	0.123	0.049	28.49		
		IO 2	3.599	2.722	0.877	24.37	26.95	
		IO 3	0.797	0.574	0.223	27.98		
Optimierung der Leiterfolge	#4	IO 1	0.096	0.056	0.040	41.67		
		IO 2	2.372	1.385	0.987	41.61	39.91	
		IO 3	0.483	0.307	0.176	36.44		
			Vorher E [kV/m]	Nachher E [kV/m]	Änderung absolut	Änderung %	Durchschnitt %	
Elektrische Schirmung	#3	IO 1	0.213	0.199	0.014	6.57		
		IO 2	0.038	0.029	0.009	23.68	14.33	
		IO 3	0.165	0.144	0.021	12.73		


Es ist zu beachten, dass es sich um Fallbeispiele handelt. Im realen Anwendungsfall können die Maßnahmen auch andere Auswirkungen haben. Es kann auch vorkommen, dass eine Maßnahme komplett wirkungslos ist. Dies wäre z.B. der Fall, wenn die zu untersuchende Trasse bereits in der Planung optimiert ist (was vor allem in Bezug auf die Leiterfolge und bei der elektrischen Schirmung denkbar ist). Bei einer Kombination der Maßnahmen ist die Empfehlung der Reihenfolge #1..6 von Vorteil, wobei insgesamt eine Reduktion der Flussdichte größer 60% möglich ist.

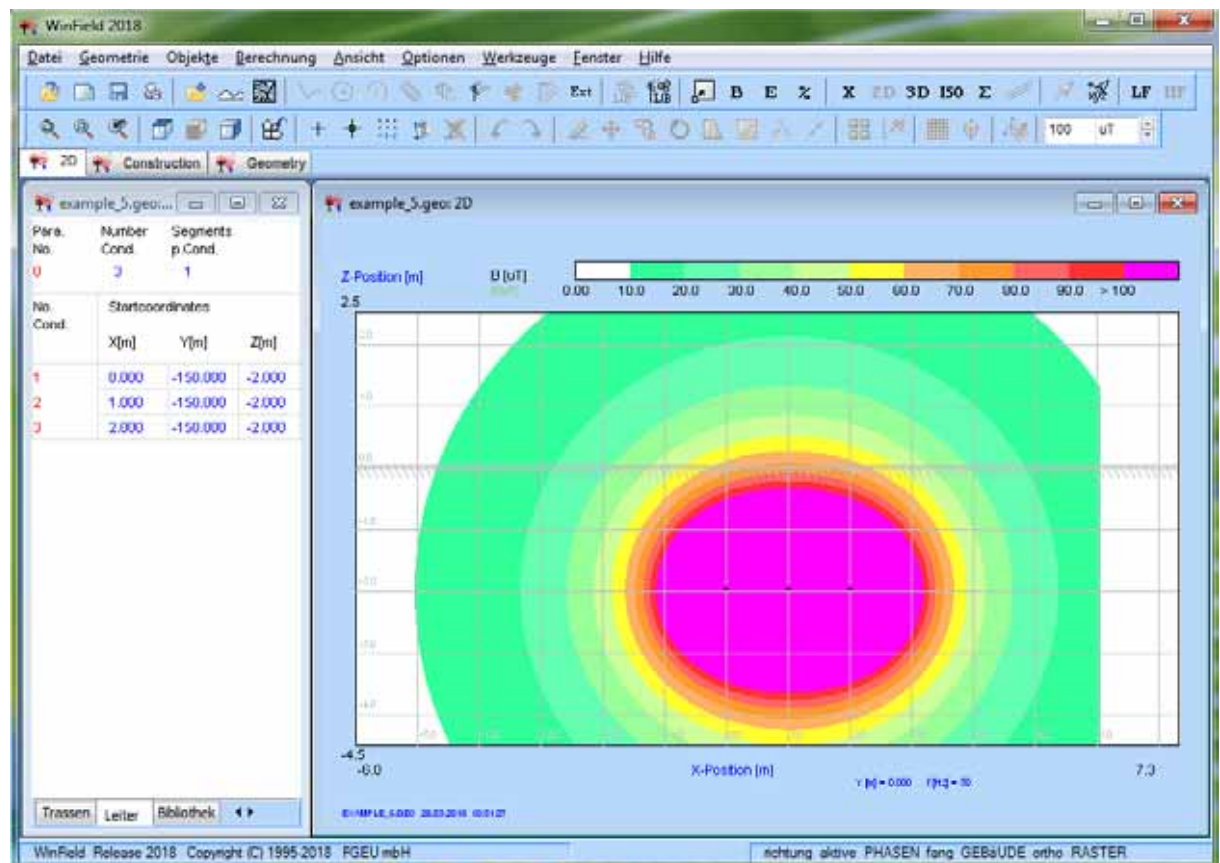
# KAPITEL 2 - DREHSTROMKABEL

Minimierung der Kabelabstände .....	57
Optimierung der Leiterfolge .....	62
Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung .....	67
Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel.....	75
Optimierung der Verlegetiefe.....	79

# Minimierung der Kabelabstände: Schritt 1

Die Minimierung am MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch ein Verringern der Abstände zwischen den einzelnen Kabeln und somit durch eine verbesserte Kompensation der magnetischen Flussdichte erreicht.

Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel eines 20-kV-Erdkabels. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_5.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.




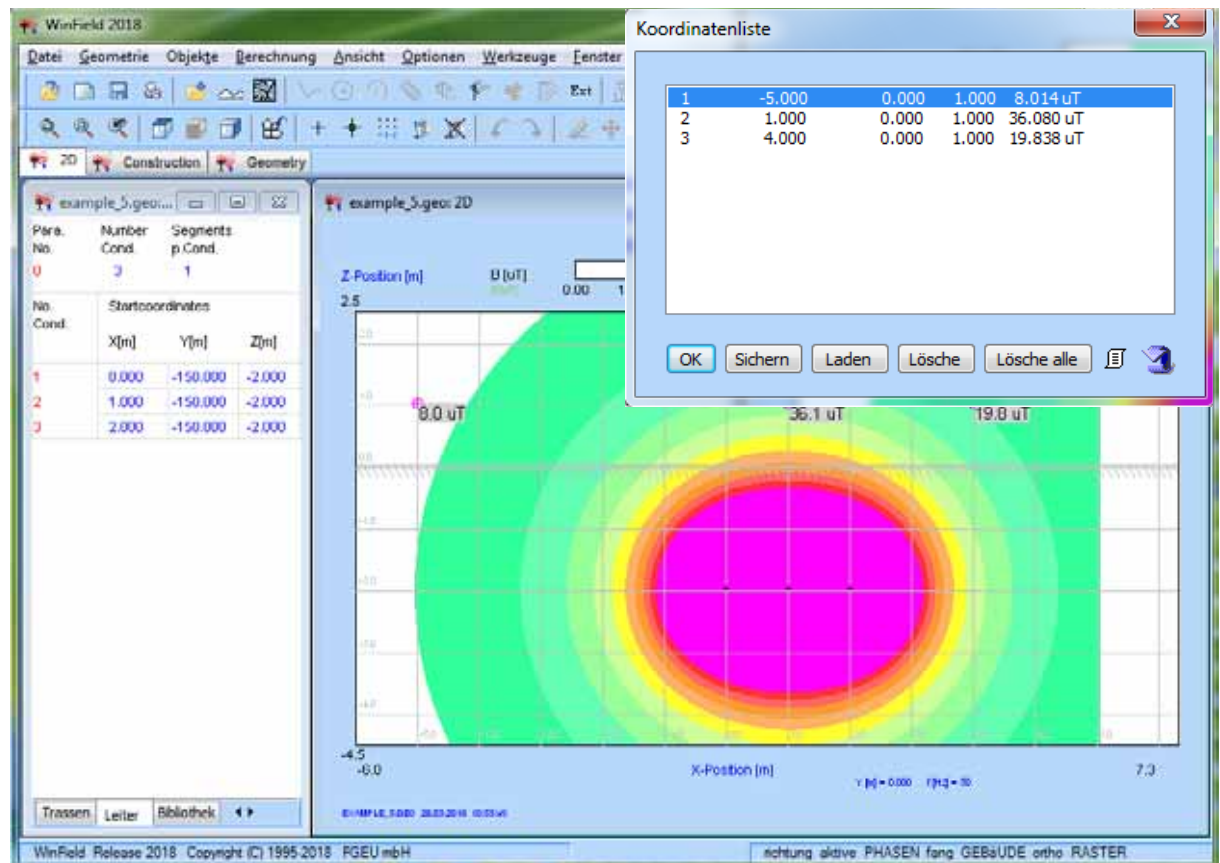
**Hinweis:** Der Begriff **Minimierung** meint hier und im Folgendem die maximal mögliche Reduzierung der von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen ausgehenden elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung der Gegebenheiten im Einwirkungsbereich am MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT.



**Hinweis:** Der Begriff **MÄßGEBLICHER MINIMIERUNGSSORT** meint hier und im Folgendem ein im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage liegendes Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.



## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 2

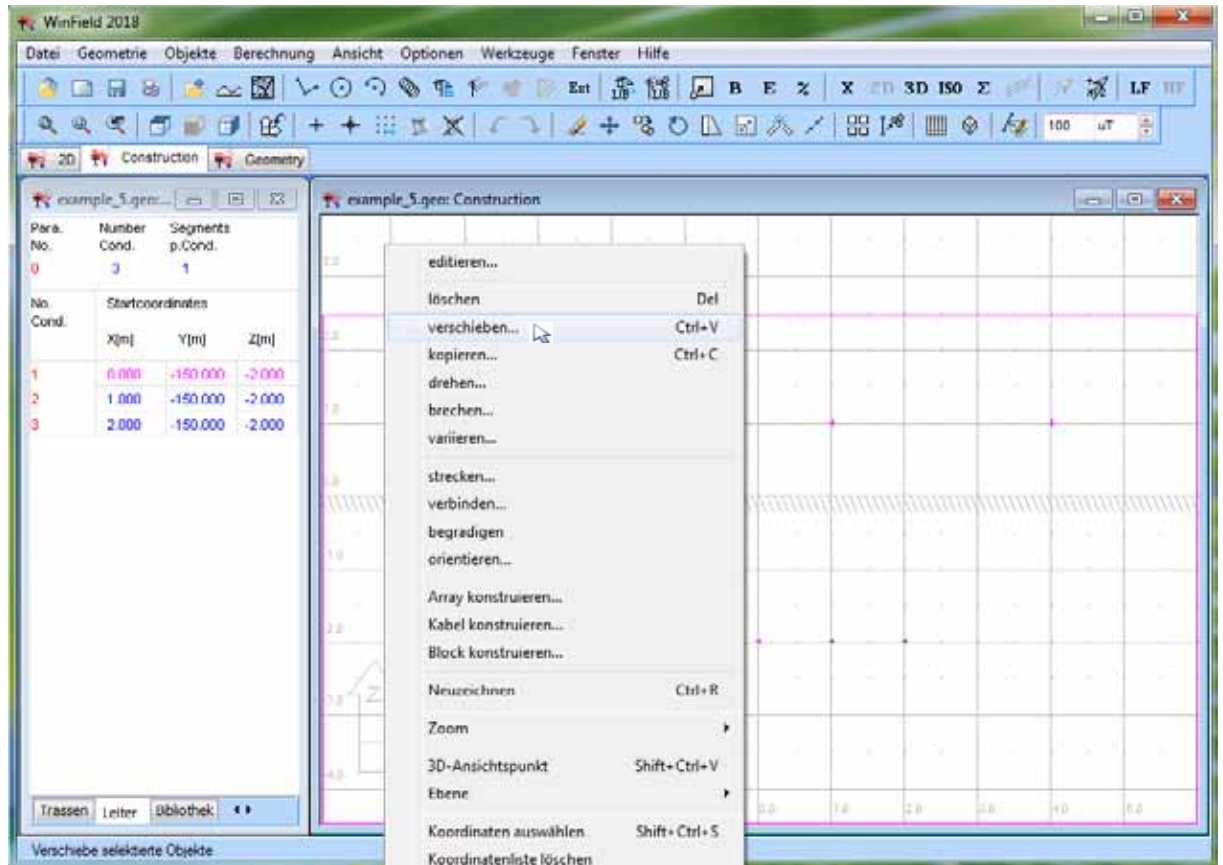
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste.



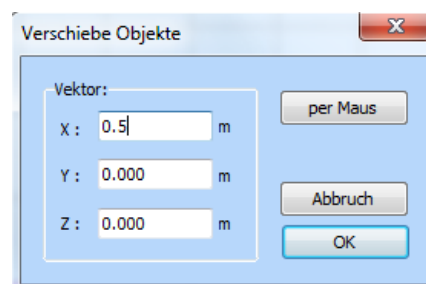
Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie nun auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der magnetischen Flussdichte anzuzeigen oder aktualisieren zu lassen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 3

Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster**. Selektieren Sie den linken äußeren Leiter durch Aufziehen eines Rahmens per Maus. Klicken mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche im **Konstruktionsfenster** und wählen Sie im **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **VERSCHIEBEN...** aus.



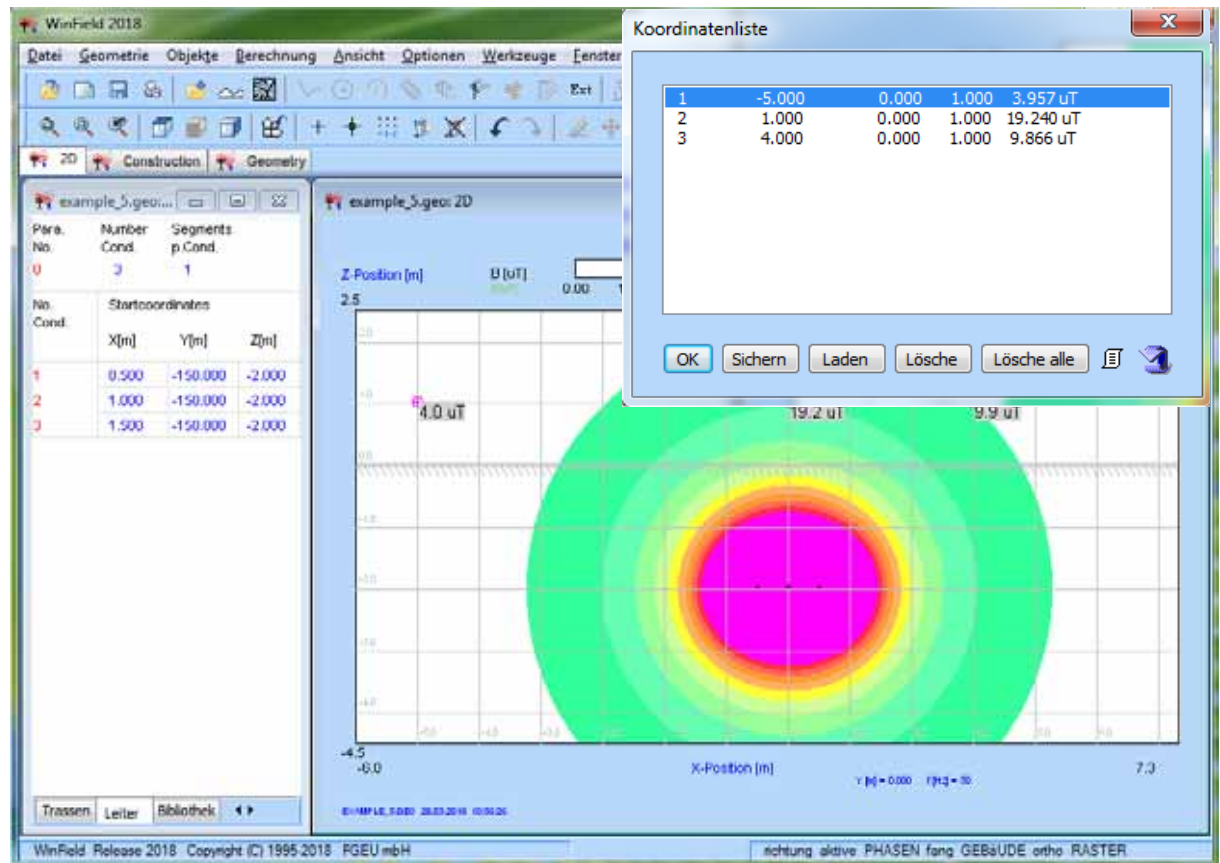
Geben Sie im Dialog **Verschiebe Objekte** für die X-Komponente eine Verschiebung von 0.5 m ein und schließen den Dialog mittels **OK**.



Verfahren Sie analog mit dem rechten äußeren Leiter und verschieben diesen um -0.5 m in X-Richtung.

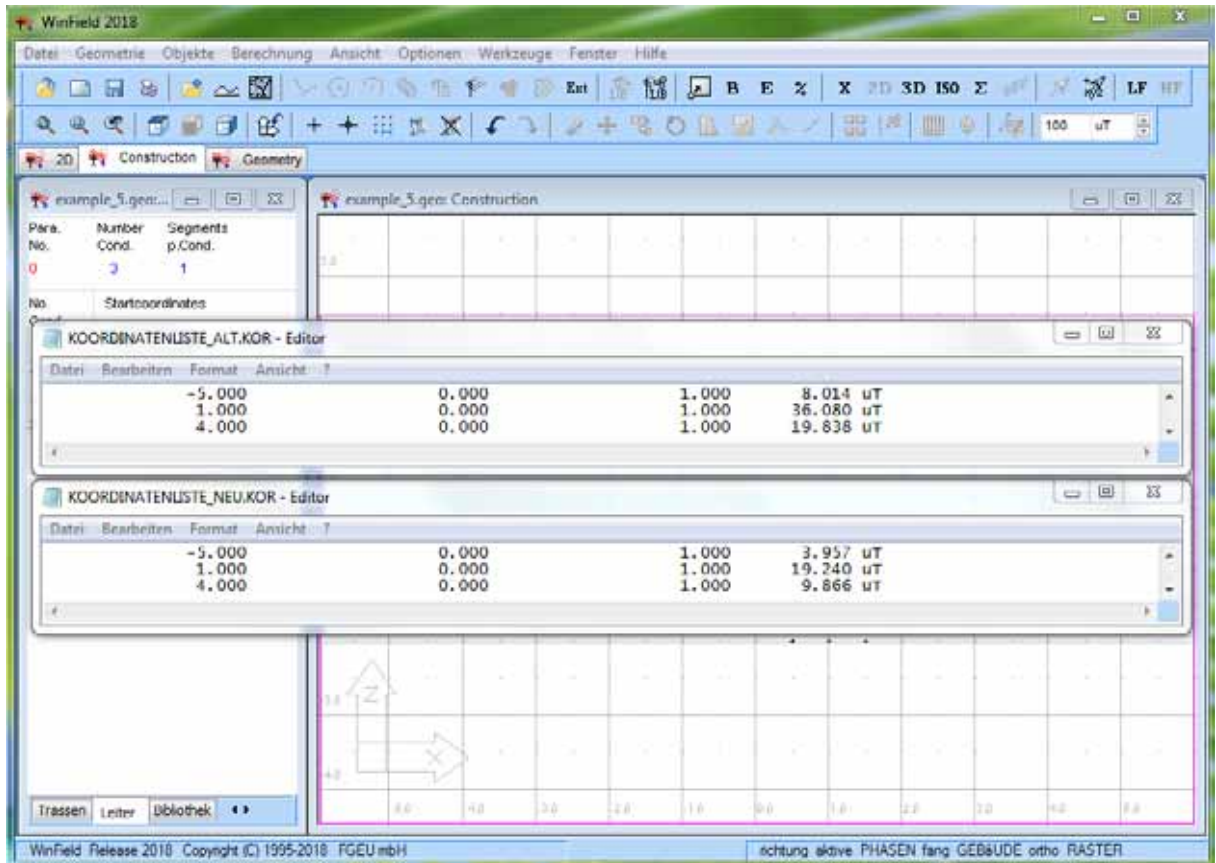
## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 4

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch und öffnen Sie die Koordinatenliste. Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.



## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 5

Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine deutliche Verringerung der Immission an allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu erkennen.




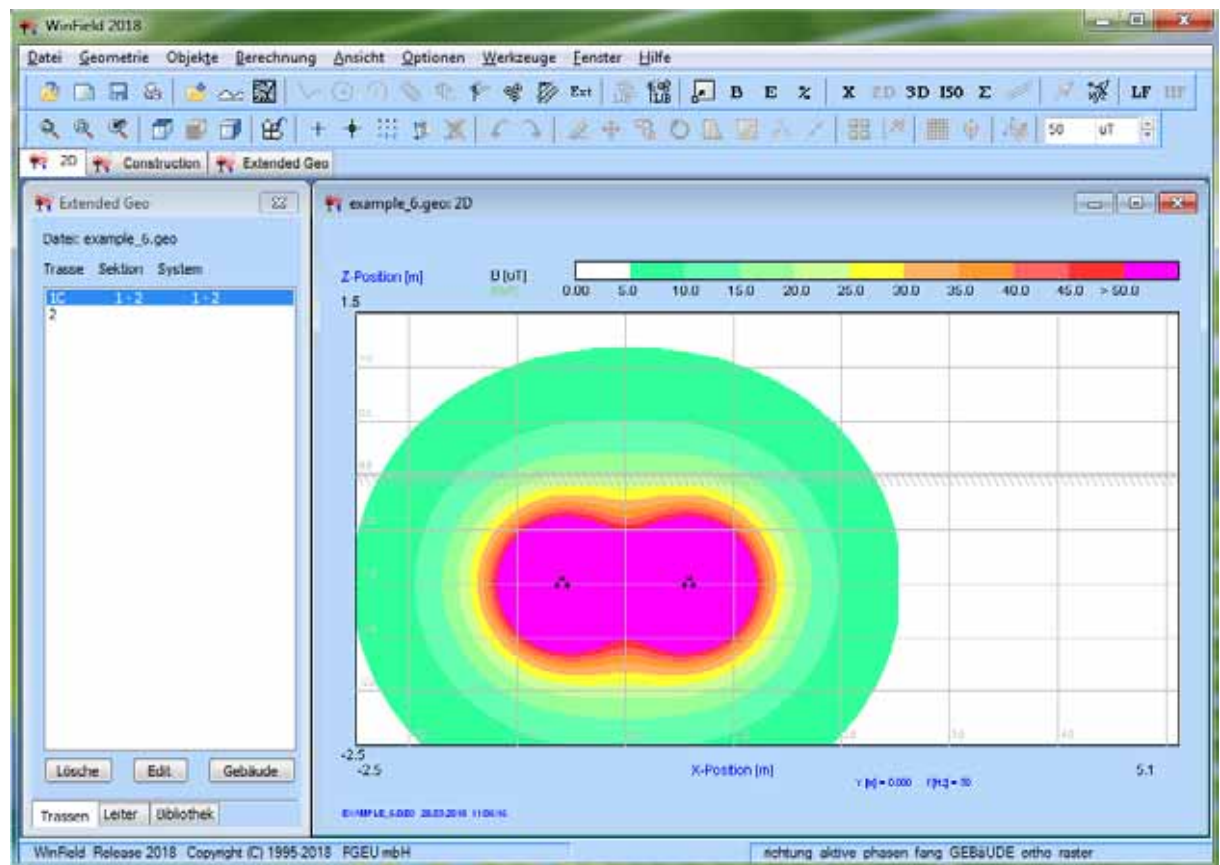


# Optimierung der Leiterfolge: Schritt 1


Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Vertauschung der Phasenfolge der Leiter erreicht (Phasenoptimierung). Bei einer vorgegebenen Leitergeometrie kann so die Kompensation der magnetischen Flussdichte verbessert und damit die Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden.

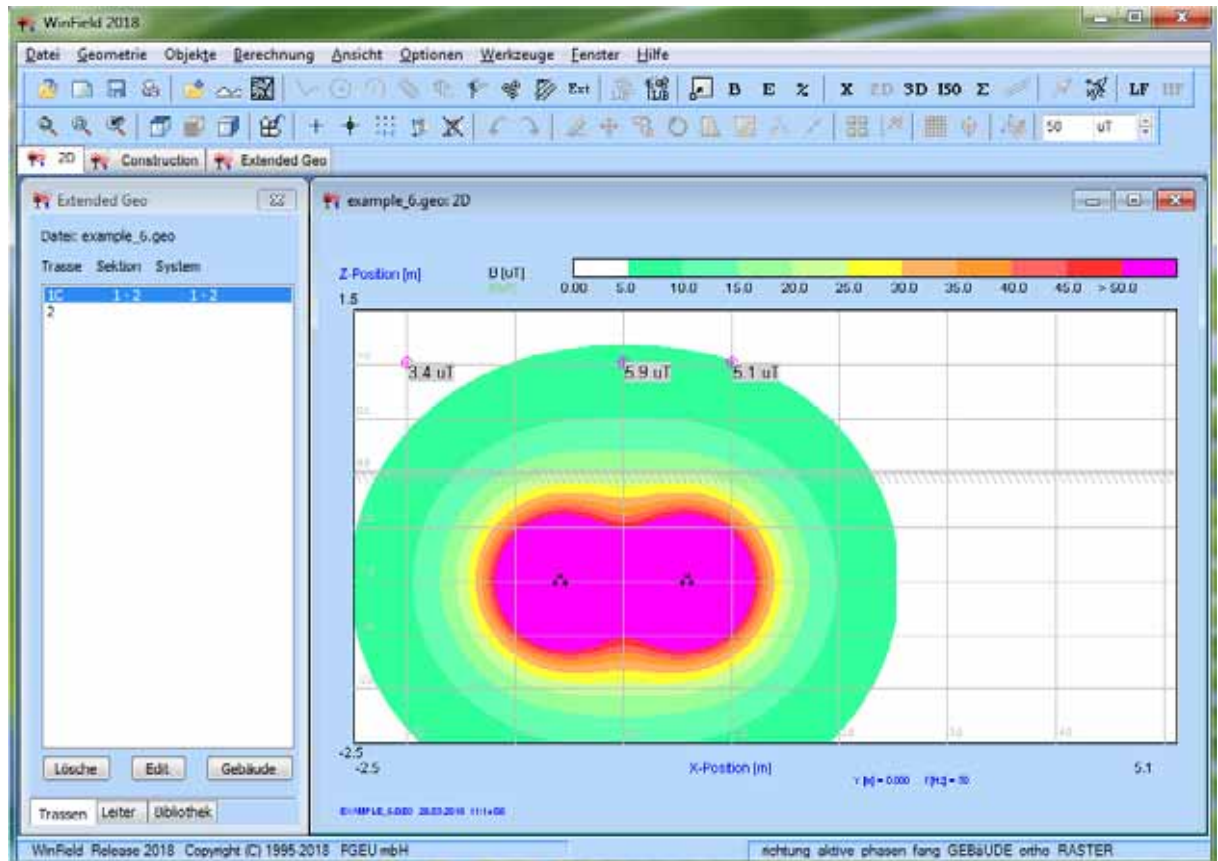
**Hinweis:** Die optimale Leiterfolge kann für den Nah- und Fernbereich unterschiedlich sein.



Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel bestehend aus zwei 110-kV-Erdkabelsystemen. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_6.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

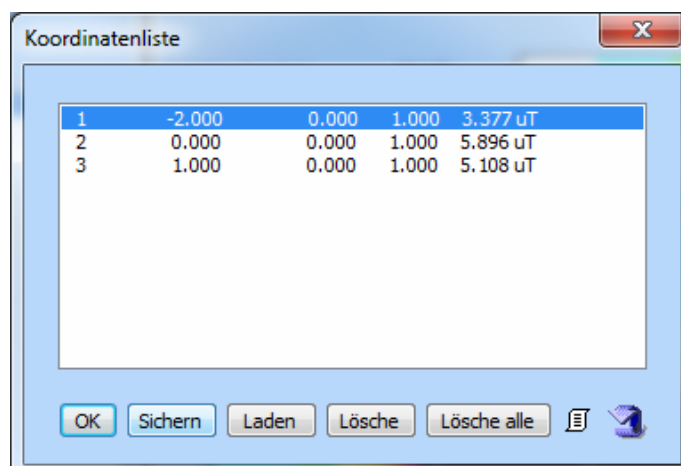


## Optimierung der Leiterfolge: Schritt 2

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste.



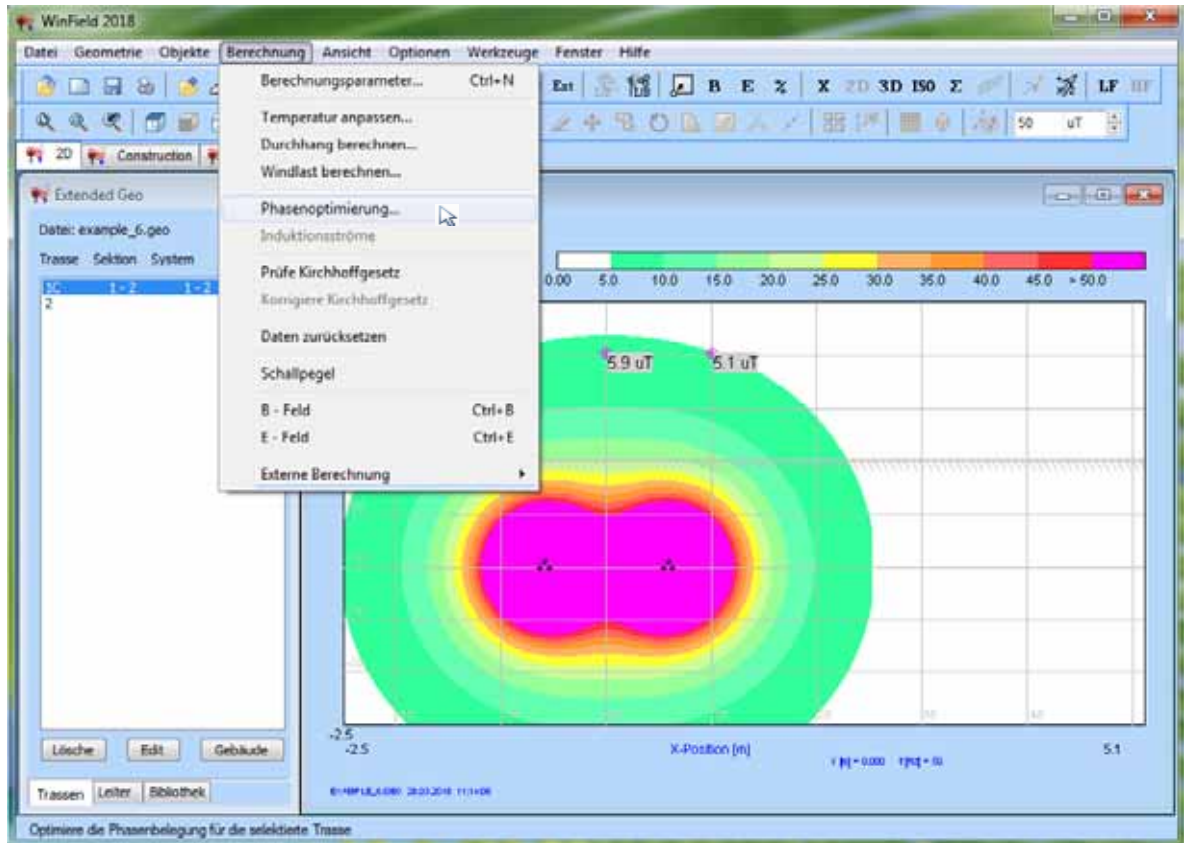
Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. Klicken Sie nun auf den Button **UPDATE VALUES**  um zu den Koordinaten die entsprechenden Werte der magnetischen Flussdichte anzuzeigen oder aktualisieren zu lassen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



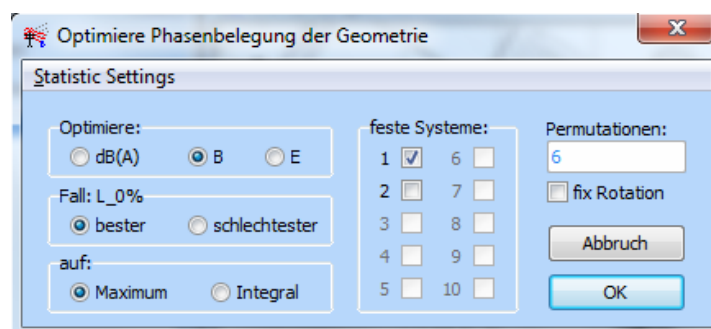
ID	X	Y	Z	B [uT]
1	-2.000	0.000	1.000	3.377 uT
2	0.000	0.000	1.000	5.896 uT
3	1.000	0.000	1.000	5.108 uT

## Optimierung der Leiterfolge: Schritt 3

Klicken Sie auf das Menü **BERECHNUNG** und wählen **PHASENOPTIMIERUNG...** aus.



In dem sich öffnenden Dialog können verschiedene Einstellungen vorgenommen werden. Es kann festgelegt werden worauf die Phasenlage optimiert werden soll (elektrisches Feld, magnetische Flussdichte, Schallpegel), ob der beste oder schlechteste Fall angenommen werden soll und wie optimiert wird (Maximum, Integral). Zudem können einzelne Systeme blockiert werden, sodass diese sich bei der Optimierung nicht verändern. Stellen Sie nun die Einstellungen wie in der folgenden Abbildung ein und bestätigen Sie den Dialog mittels **OK**.

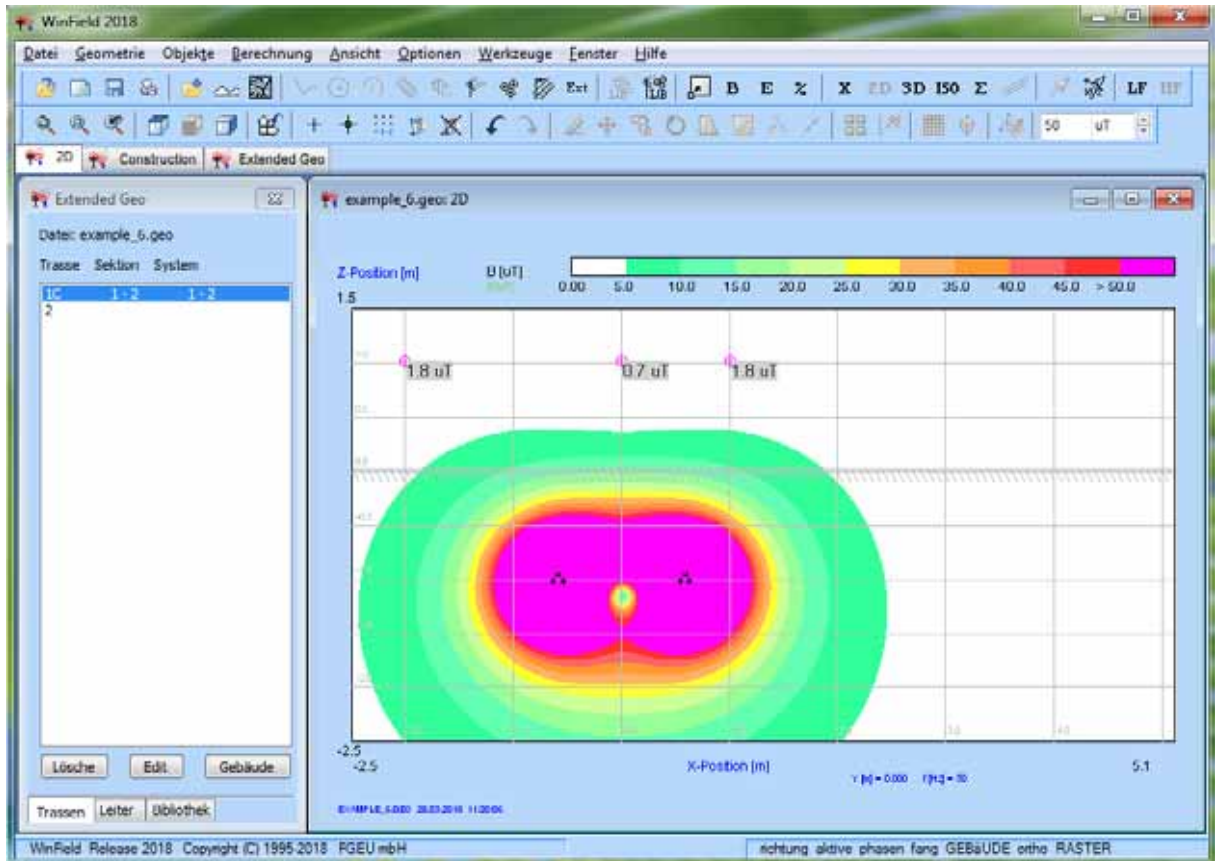



Daraufhin öffnet sich ein Dialog mit Abfrage ob auf 'Punkte der Koordinatenliste <ja>' oder 'regulär <nein>' optimiert werden soll. Bestätigen Sie mit **JA**.

**Hinweis:** Bestätigung mit **NEIN** optimiert auf den Maximalwert der Berechnungsfläche, was nicht beabsichtigt ist.


## Optimierung der Leiterfolge: Schritt 4

Das Ergebnis der Phasenoptimierung wird nach dem Beenden der Berechnungen im **2D-Fenster** angezeigt.



Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

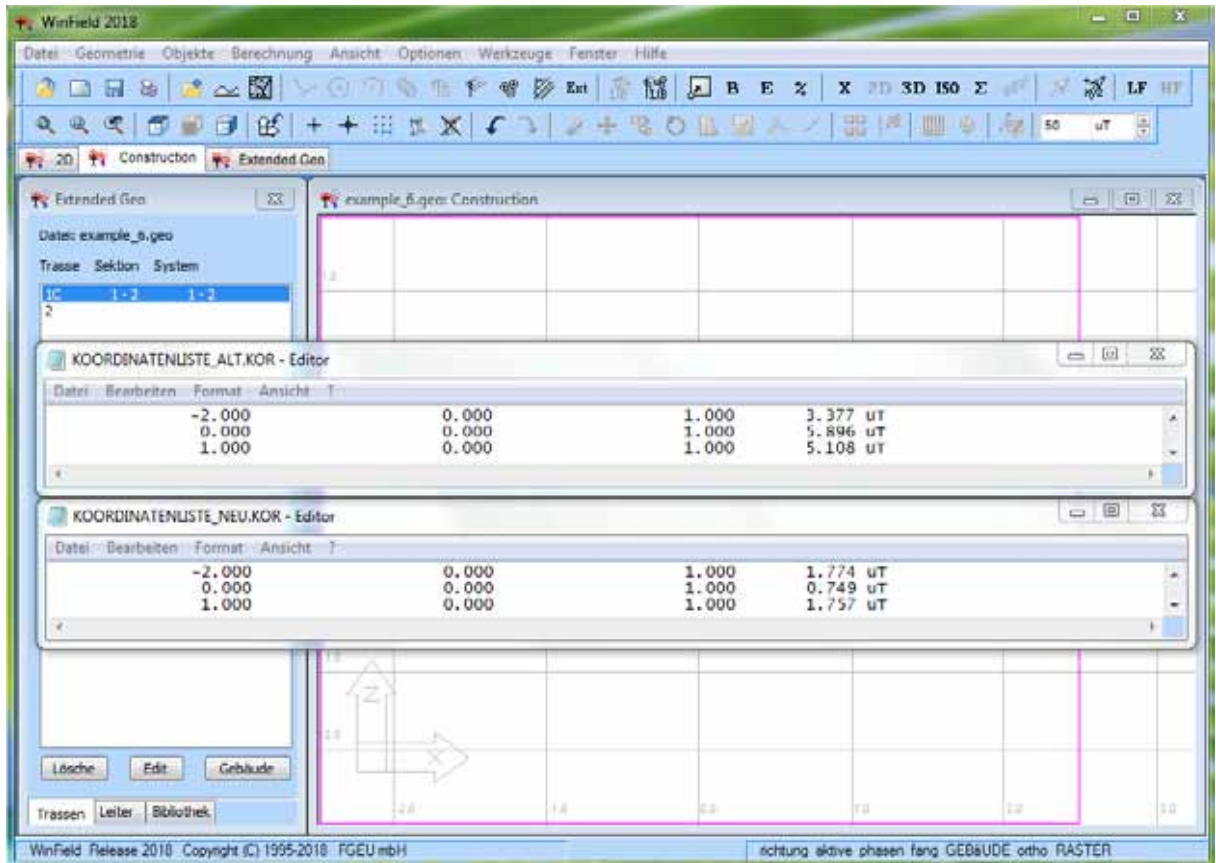
1	-2.000	0.000	1.000	1.774 uT
2	0.000	0.000	1.000	0.749 uT
3	1.000	0.000	1.000	1.757 uT

Buttons: OK, Sicher, Laden, Lösche, Lösche alle, 




## Optimierung der Leiterfolge: Schritt 5



Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. An allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte die Immission verringert werden.

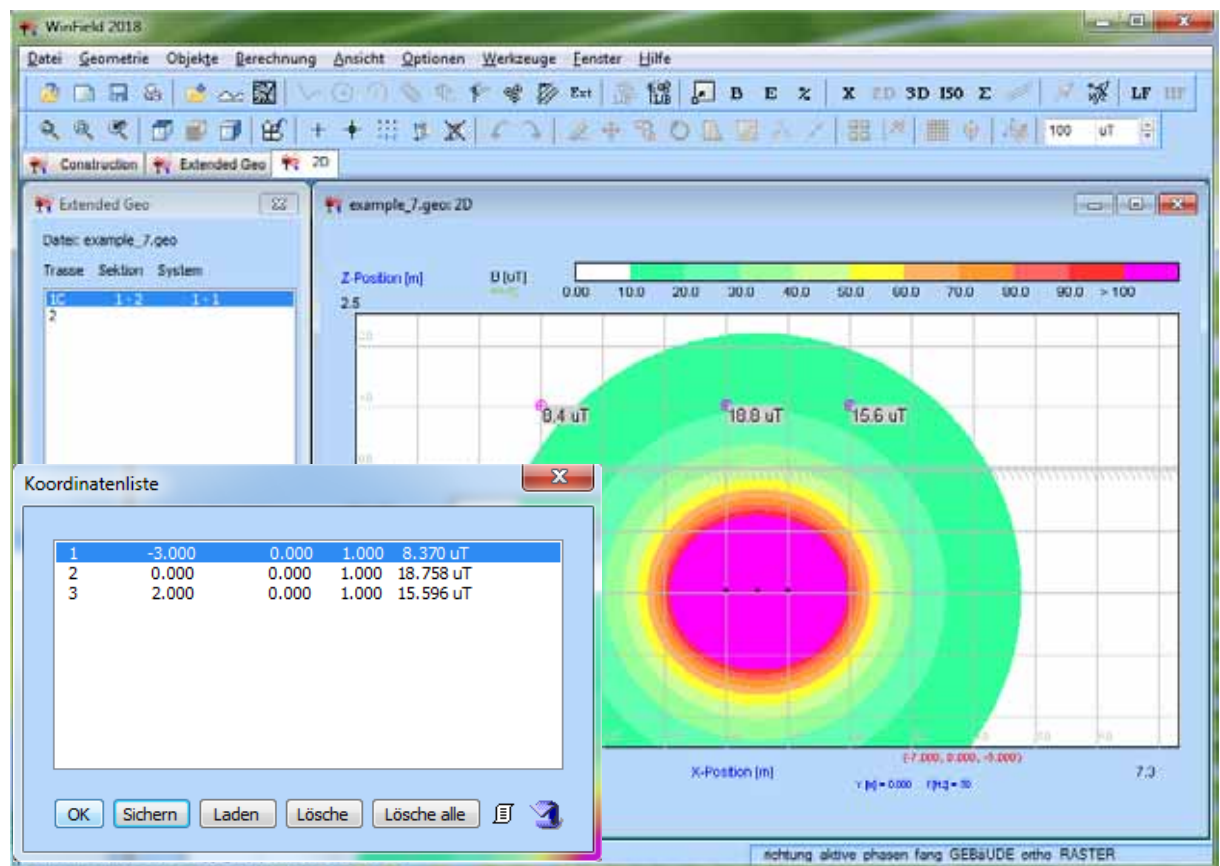


# Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Veränderung der Kabelanordnung und somit durch eine verbesserte Kompensation der magnetischen Flussdichte erreicht.


Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel eines 20-kV-Erdkabels. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_7.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

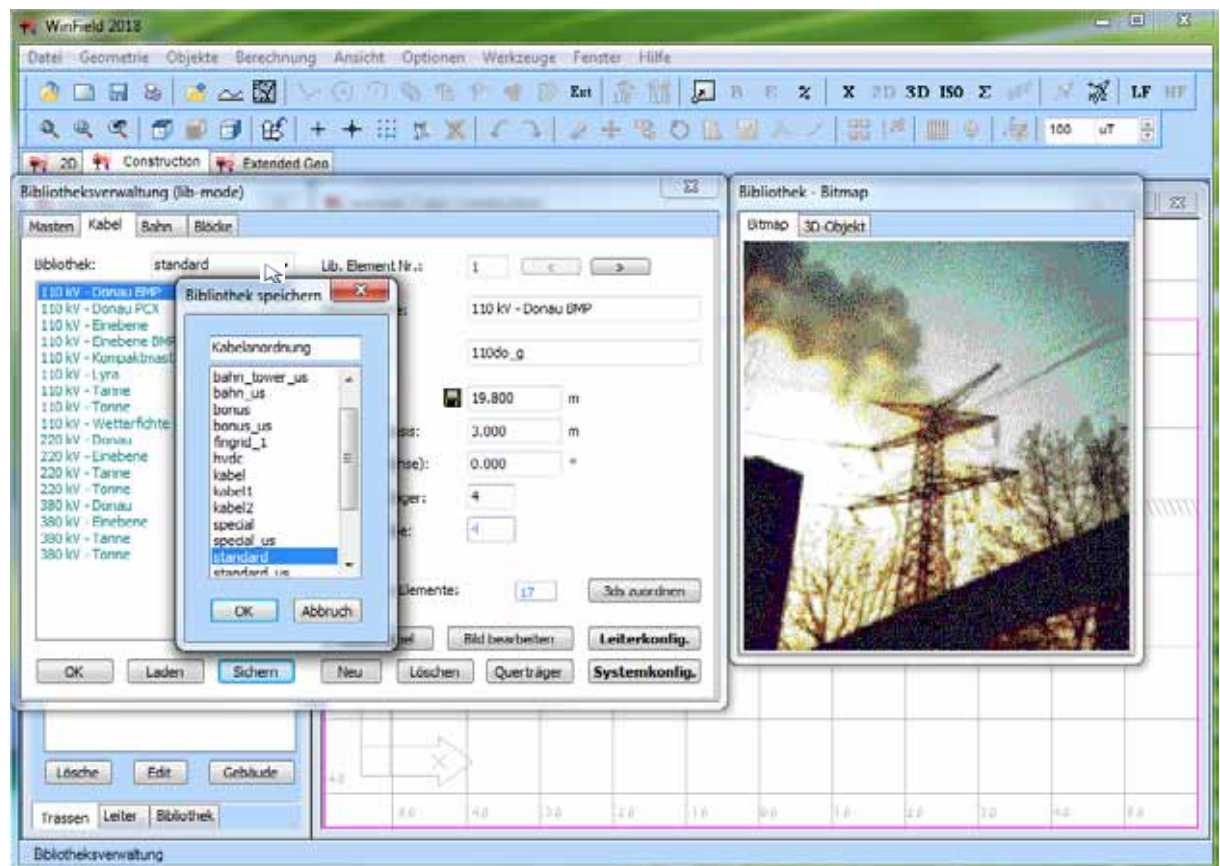
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



## Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 2



Der einfachste Weg die Anordnung der Kabel zu optimieren ist es, die bestehenden Kabel durch optimierte Kabel zu ersetzen. Dazu wird zunächst eine neue Bibliothek erstellt.

Öffnen Sie die **Bibliotheksverwaltung** mit dem Button  der Toolbar. Erstellen Sie eine neue Bibliothek indem Sie '**STANDARD**' im Drop-down Menü auswählen (siehe Mauszeiger) und auf **SICHERN** klicken. Im Dialog **Bibliothek speichern** geben Sie in der obersten Zeile den neuen Namen '**Kabelanordnung**' ein.



Bestätigen Sie den Dialog mit **OK** und entfernen Sie die vorhandenen Masten mittels **LÖSCHEN**. Schließen Sie anschließend auch die **Bibliotheksverwaltung** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

## Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 3


In diese neue Bibliothek fügen Sie nun das bestehende Kabel, welches Sie bearbeiten möchten, aus der Geometrie ein. Dazu öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Trasse **1C** im **Trasseneditor** die **Kabelverwaltung** und wählen per Schalter   den **Sel. Abschnitt Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin in der **Kabelverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und wählen Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **ADD GEO-TOWER TO LIB** aus.

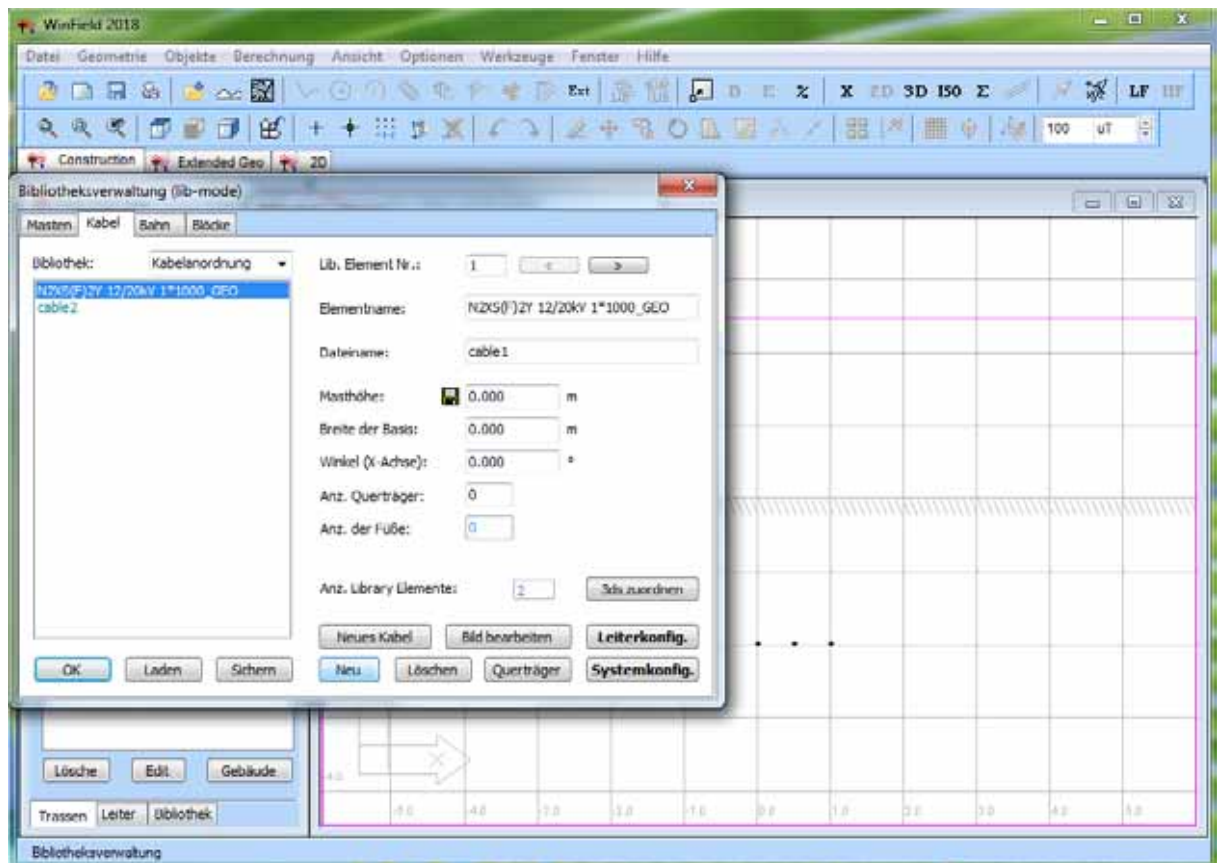


Sie legen hiermit ein neues Kabel in der Bibliothek mit dem Namen '**N2XS(F)2Y 12/20kV 1\*1000\_Geo**' an, welches aus der Geometrie extrahiert wurde und dieselben Parameter wie das Original der Geometrie besitzt. Schließen Sie die **Kabelverwaltung** mittels **OK** und bestätigen Sie den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.



## Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 4

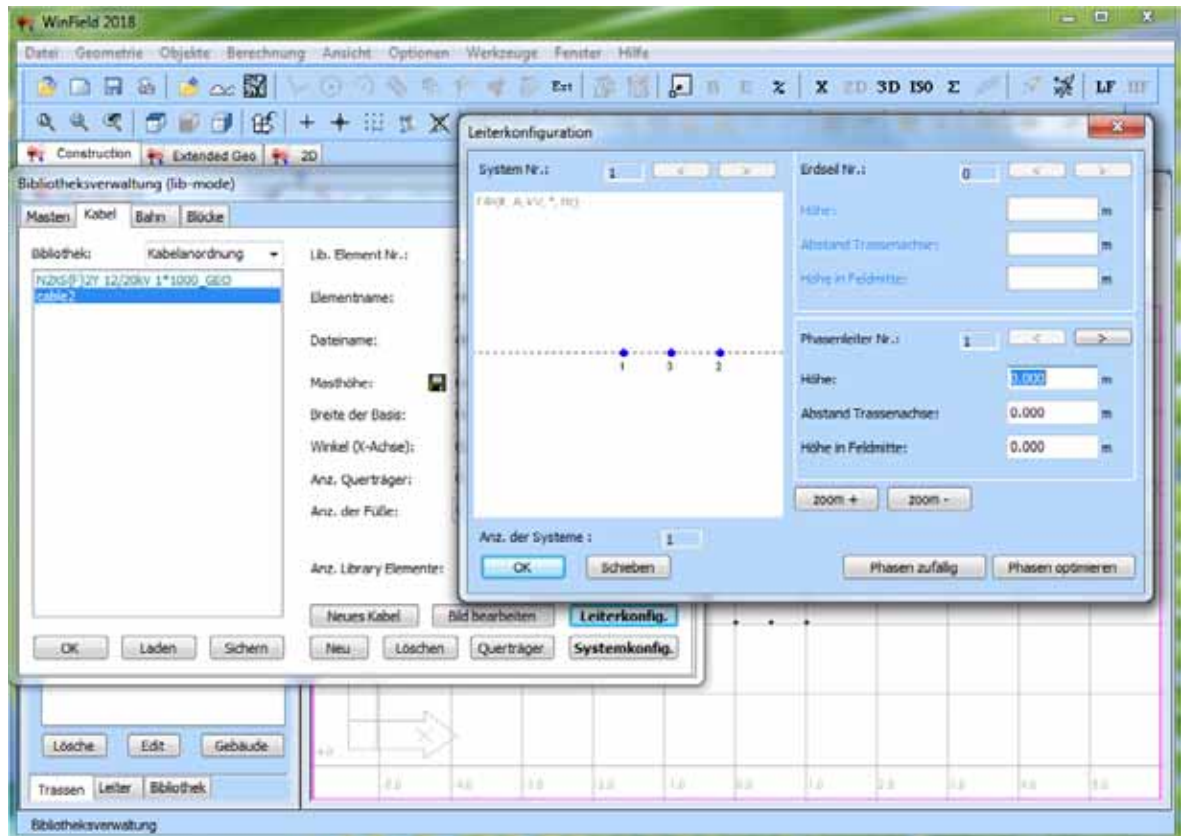
Als nächstes soll das extrahierte Kabel bearbeitet werden. Öffnen Sie hierzu die **Bibliotheksverwaltung** per Button  der Toolbar und wählen das Kabel 'N2XS(F)2Y 12/20kV 1\*1000\_GEO' aus. Klicken Sie daraufhin auf **NEU**, um von diesem eine Kopie mit dem Namen 'cable2' zu erstellen.



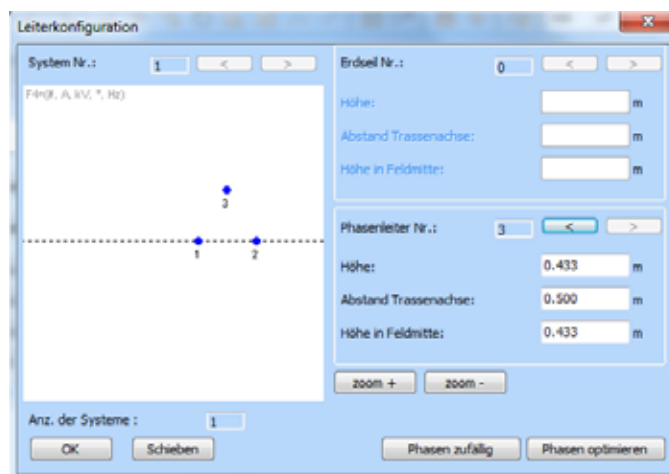
Diese Kopie des Kabels ist ein exaktes Duplikat, sodass immer auf das Originalkabel zurückgegriffen werden kann.

## Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 5

Nun wird das Duplikat des Kabels bearbeitet. Wählen Sie dazu das Kabel 'cable2' aus und öffnen die **LEITERKONFIG**. Sie erhalten die folgende Darstellung.



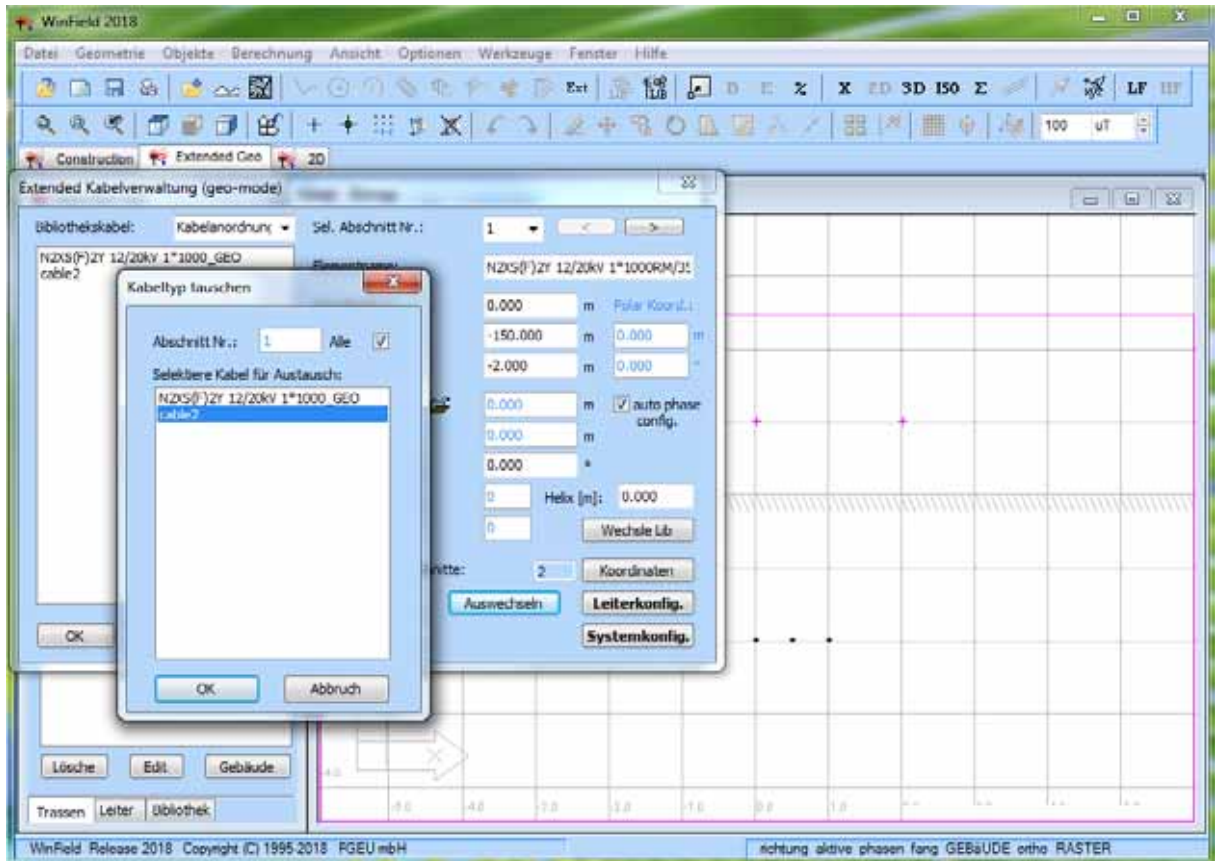
Geben Sie nun für Phasenleiter **Nr. 1** einen **Abstand Trassenachse** von 0.25 m und für Phasenleiter **Nr. 2** 0.75 m ein. Für Phasenleiter **Nr. 3** geben Sie einen **Abstand Trassenachse** von 0.5 m und jeweils eine **Höhe** und eine **Höhe in Feldmitte** von 0.433 m ein. Das Ergebnis sieht wie folgt aus.




Schließen Sie die **Leiterkonfiguration** und die **Bibliotheksverwaltung** mittels **OK** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

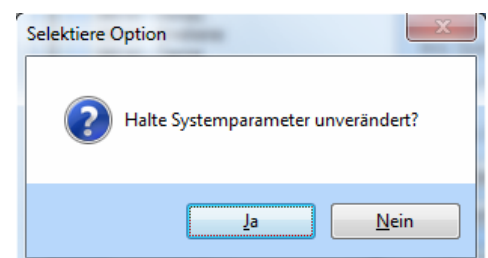
## Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 6

Jetzt wird das alte Kabel durch das neue Kabel ersetzt. Öffnen Sie dazu die **Kabelverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1C) im **Trasseneditor**.



Wählen Sie über den Schalter  **Sel. Abschnitt Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin auf **AUSWECHSELN** und wählen im sich öffnenden **Kabeltyp tauschen** Dialog, das neue Kabel '**cab2**' aus. Setzen Sie anschließend den Checkhaken **ALLE** und bestätigen den Dialog mit **OK**.

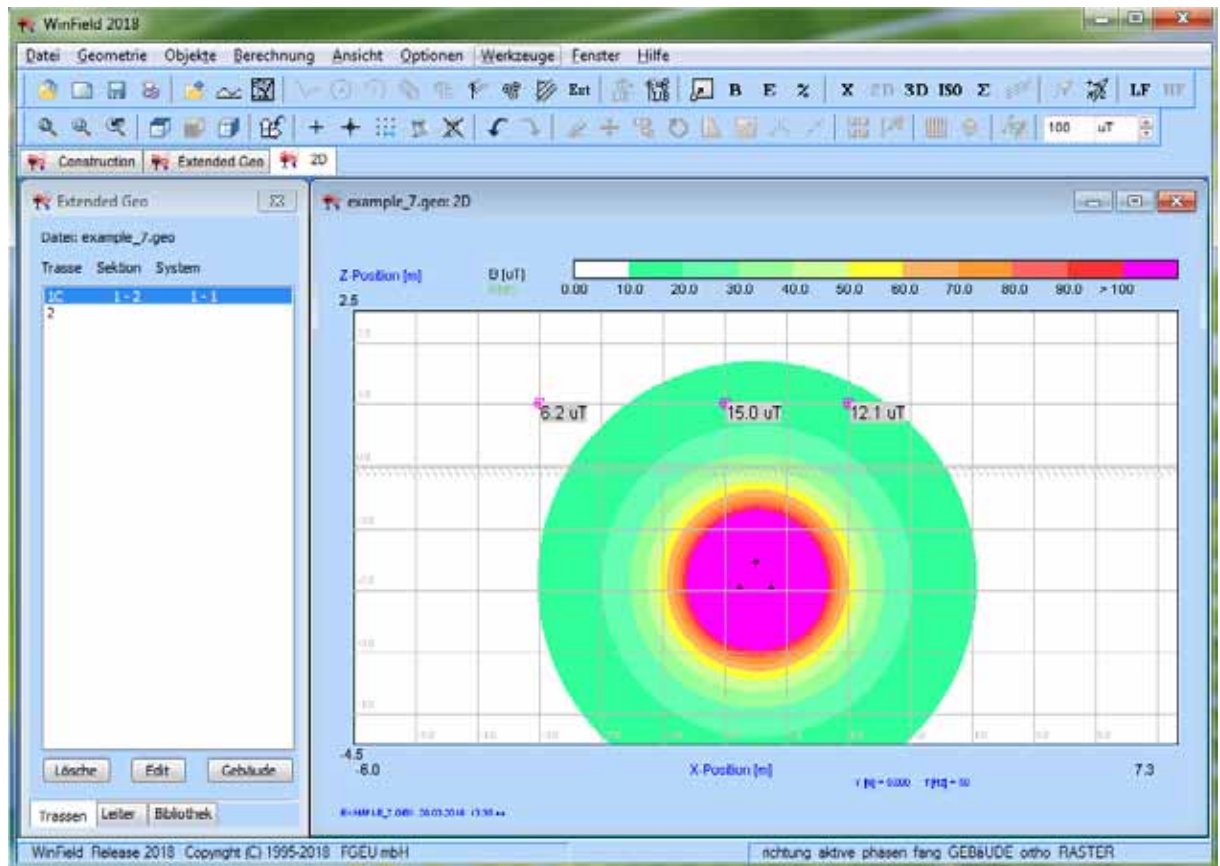
Klicken Sie bei der sich öffnenden Abfrage '**Halte Systemparameter unverändert**' auf **JA** und schließen Sie auch die **Kabelverwaltung** mit **OK**. Durch das Beibehalten der Systemparameter bleiben alle elektrischen Parameter konstant und werden nicht überschrieben, während alle geometrischen Parameter angepasst werden.




**Hinweis:** Klicken Sie bei der Abfrage auf **NEIN** werden Ströme, Spannungen, Phasen etc. vom neuen Kabeltypen übernommen, was in diesem Beispiel nicht beabsichtigt ist.

# Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 7

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mittels des Buttons  der Toolbar.

1	-3.000	0.000	1.000	6.151 uT
2	0.000	0.000	1.000	14.994 uT
3	2.000	0.000	1.000	12.091 uT

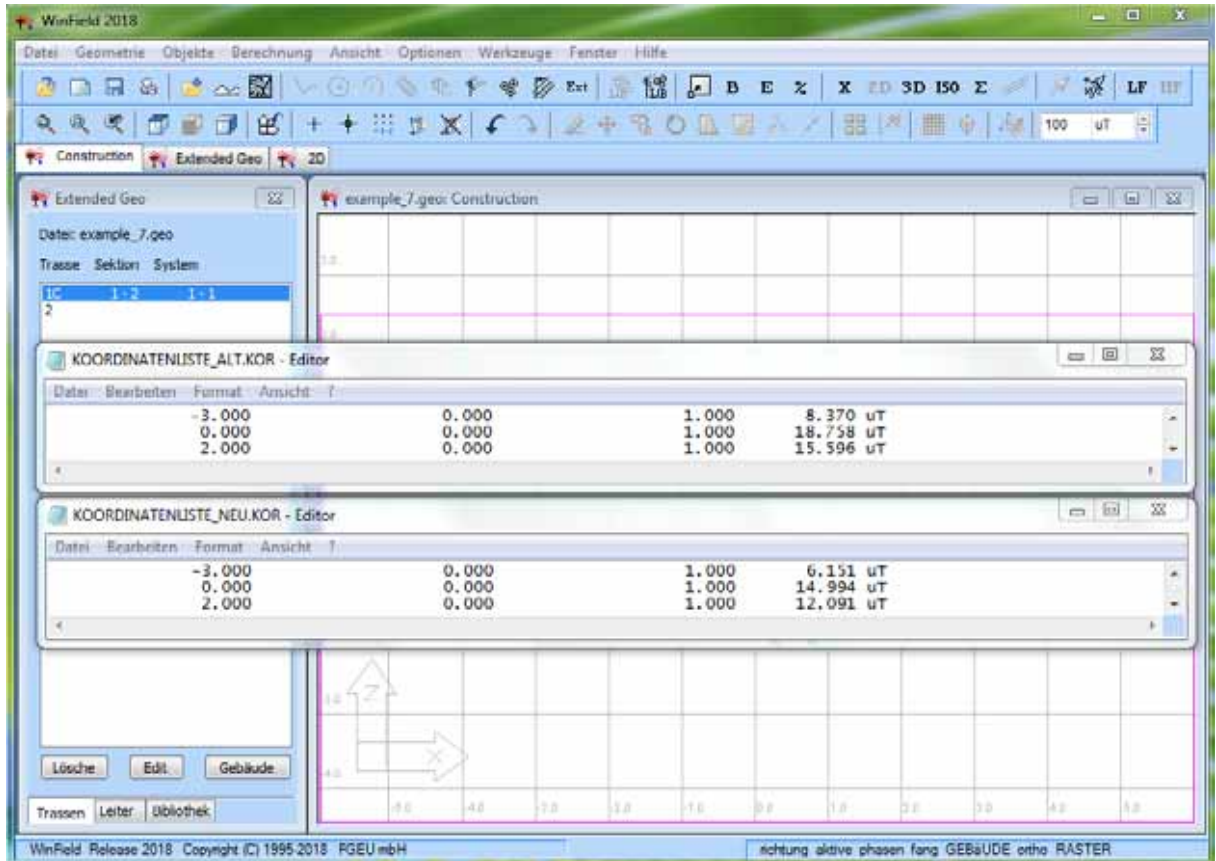
Buttons: OK, Speichern, Laden, Löschen, Löschen alle

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'.




# Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 8



Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine Verringerung der Immission an den MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSTYPEN zu erkennen.

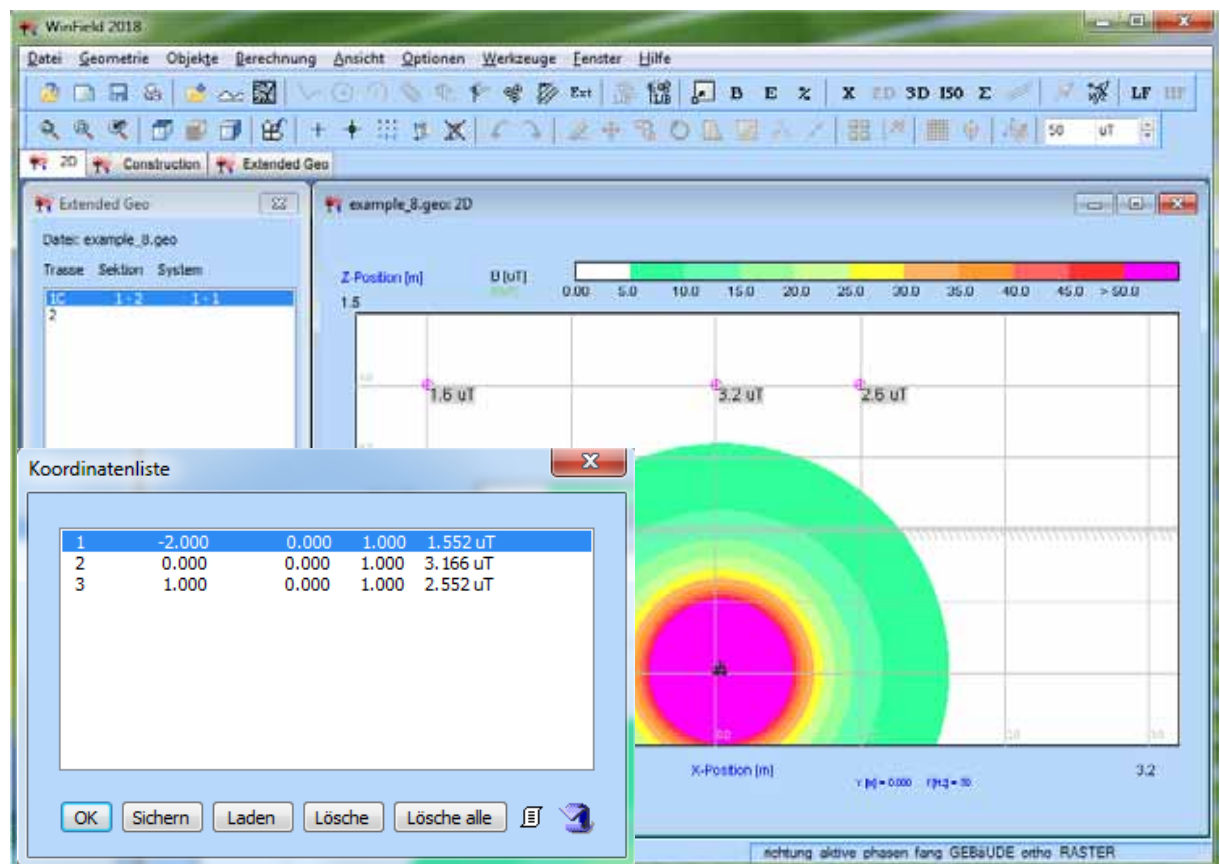


# Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Verdrillung der Phasenleiter und somit durch eine verbesserte Kompensation der magnetischen Flussdichte erreicht.

Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel eines 20-kV-Erdkabels. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_8.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



## Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 2

Um die Phasenleiter mit Verseilschlag zu verlegen, öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die vorhandene Trasse (1C) im **Trasseneditor** die **Kabelverwaltung**. Dort können Sie unten rechts einen Wert für **Helix** angeben. Dieser Wert gibt an, nach welcher Länge die einzelnen Phasenleiter einmal komplett um die Längsachse gewickelt sind.

Geben Sie im Feld **Helix** 2 m ein und bestätigen Sie die **Kabelverwaltung** mittels **OK**.

Extended Kabelverwaltung (geo-mode)

Bibliothekskabel: standard

110 kV - Donau BMP  
110 kV - Donau PCX  
110 kV - Einebene  
110 kV - Einebene BMP  
110 kV - Kompaktmast  
110 kV - Lyra  
110 kV - Tanne  
110 kV - Tanne  
110 kV - Tonne  
110 kV - Wetterfichte  
220 kV - Donau  
220 kV - Einebene  
220 kV - Tanne  
220 kV - Tonne  
380 kV - Donau  
380 kV - Einebene  
380 kV - Tanne  
380 kV - Tonne

Sel. Abschnitt Nr.: 1

Elementname: N2XS(F)2Y 12/20kV 1\*1000\_GEO

Koordinate X: 0.000 m Polar Koord.:  
Koordinate Y: -150.000 m 0.000 m  
Koordinate Z: -1.000 m 0.000 °

Masthöhe: 0.000 m ☒ auto phase config.  
Breite der Basis: 0.000 m  
Winkel (X-Achse): 0.000 °

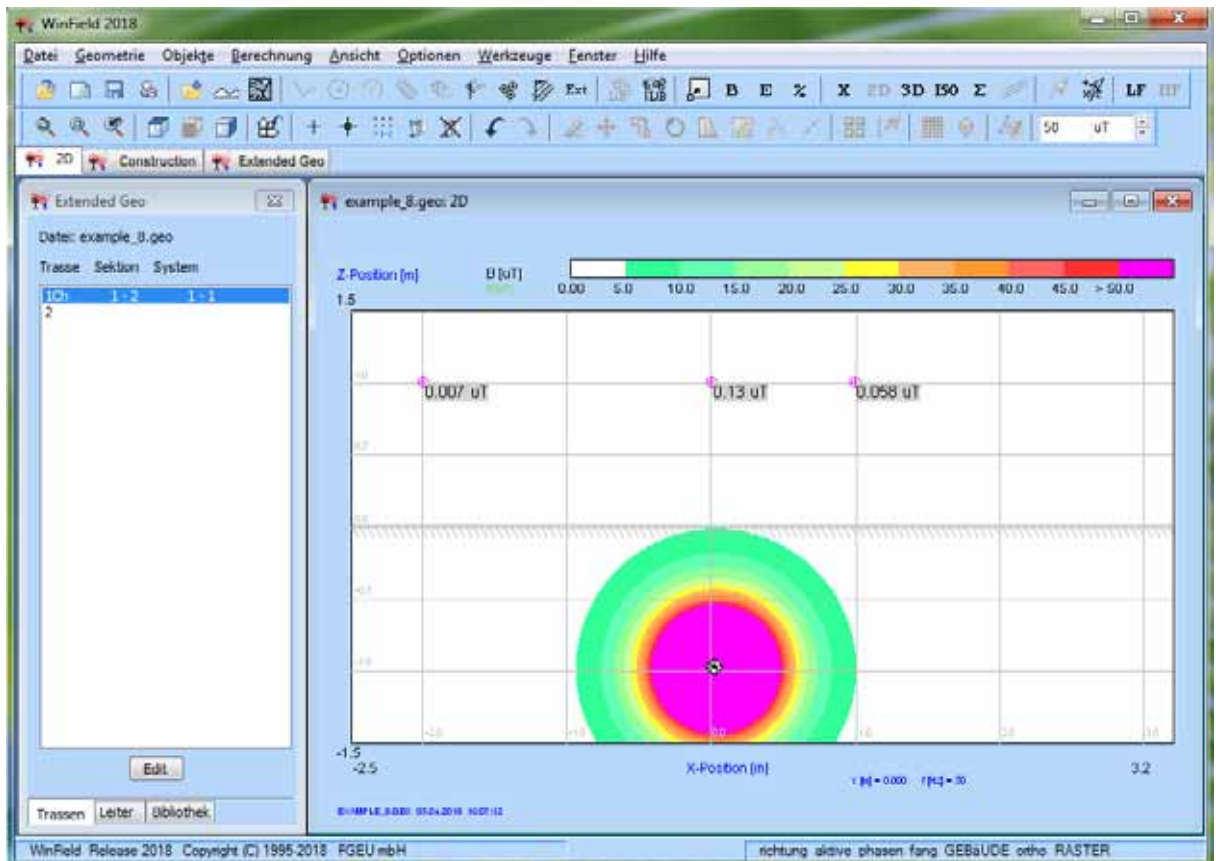
Anz. Querträger: 0 Helix [m]: 2  
Anz. der Füße: 0 Wechsle Lib


Anz. sel. EXT Abschnitte: 2 Koordinaten

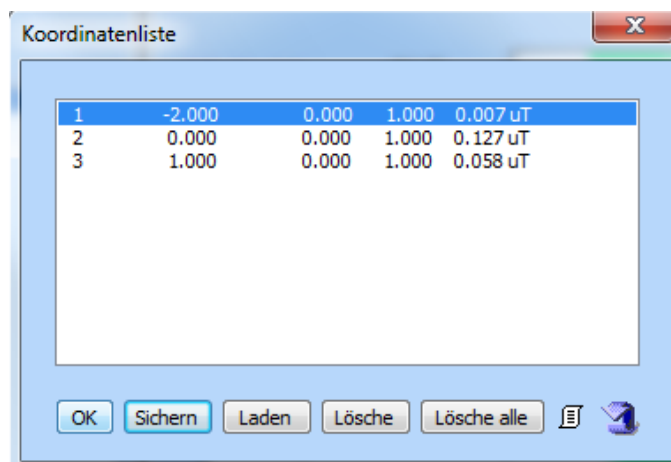
Höhe justieren Auswechseln Leiterkonfig.  
Auto Winkel Systemkonfig.

## Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 3

Führen Sie mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mittels des Buttons  der Toolbar.



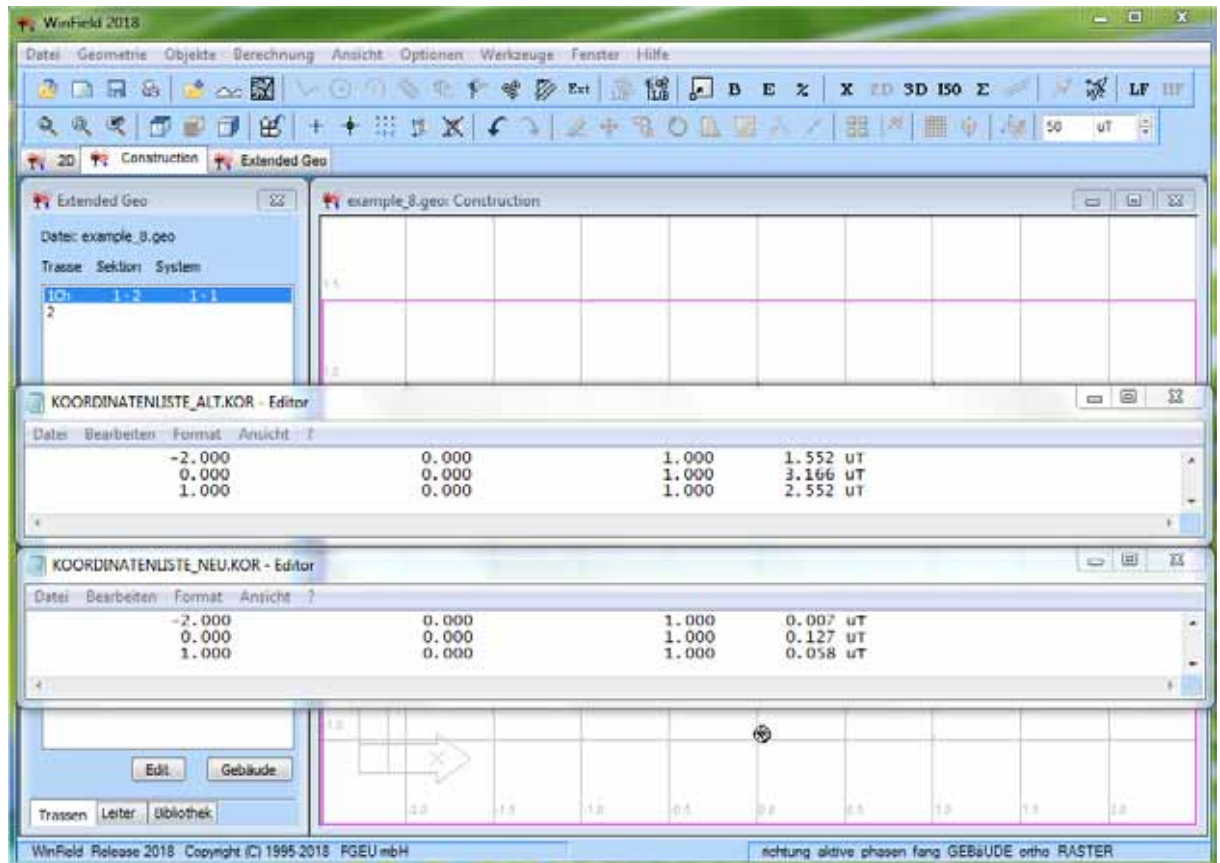
ID	X-Position [m]	Y-Position [m]	Z-Position [m]	B [uT]
1	-2.000	0.000	1.000	0.007 uT
2	0.000	0.000	1.000	0.127 uT
3	1.000	0.000	1.000	0.058 uT

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'.




## Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 4



Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine deutliche Verringerung der Immission an den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu erkennen.

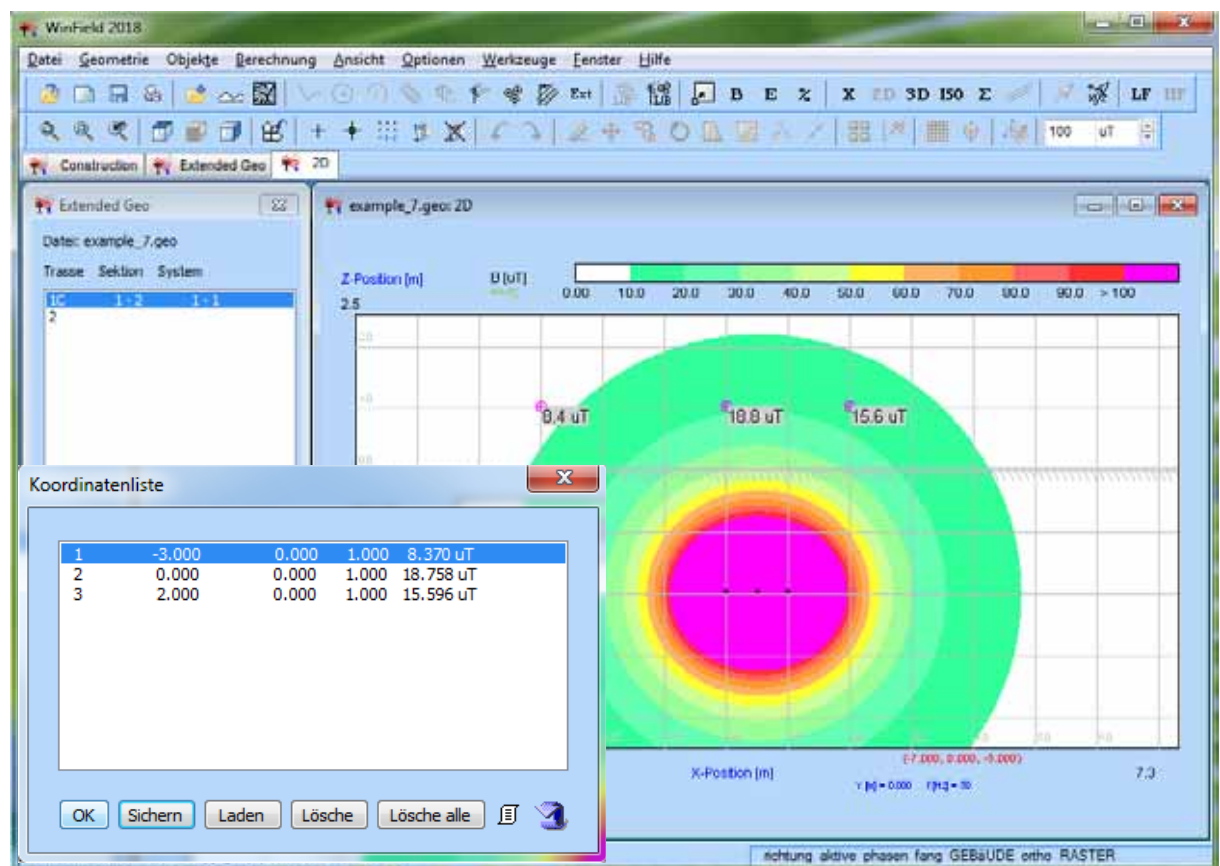


# Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGORT wird hier durch die Vergrößerung des Abstandes zwischen Kabel und MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGORT erreicht.

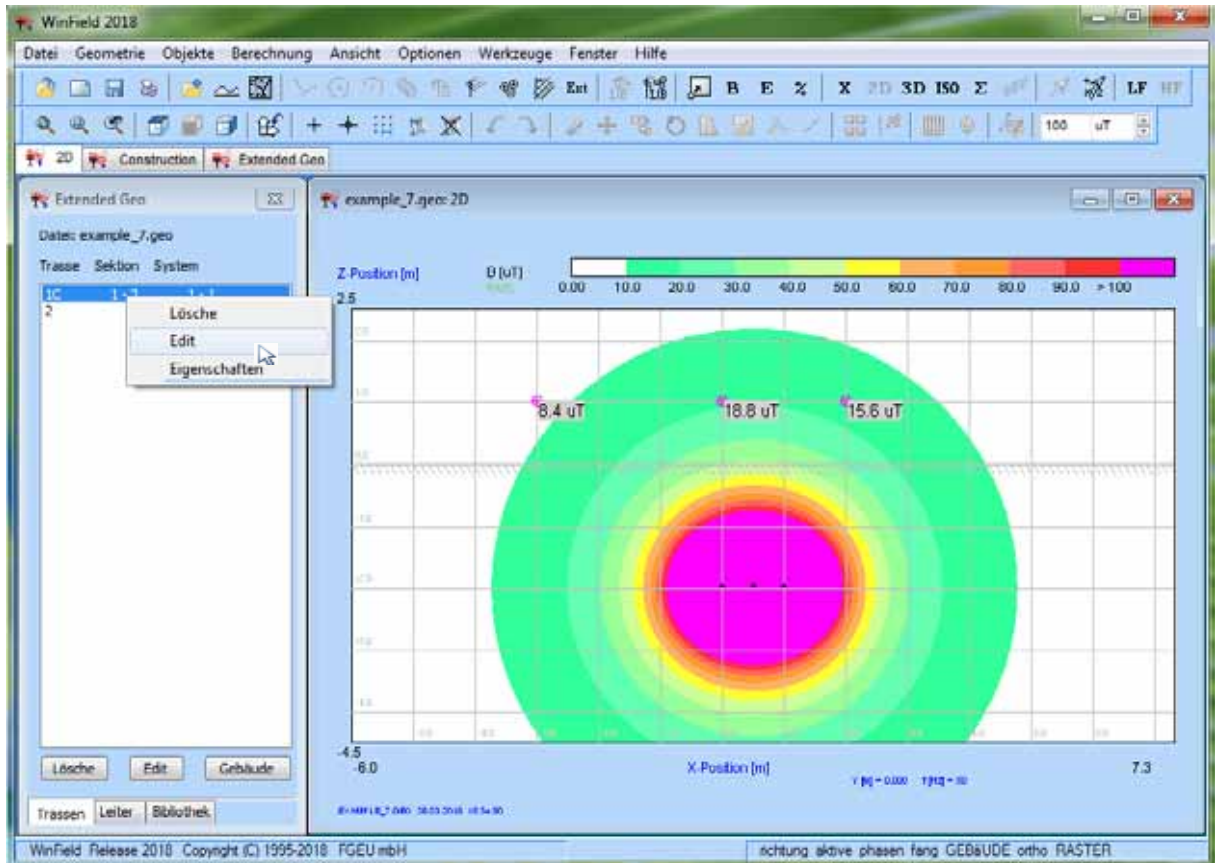
Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel eines 20-kV-Erdkabels. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_7.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 2

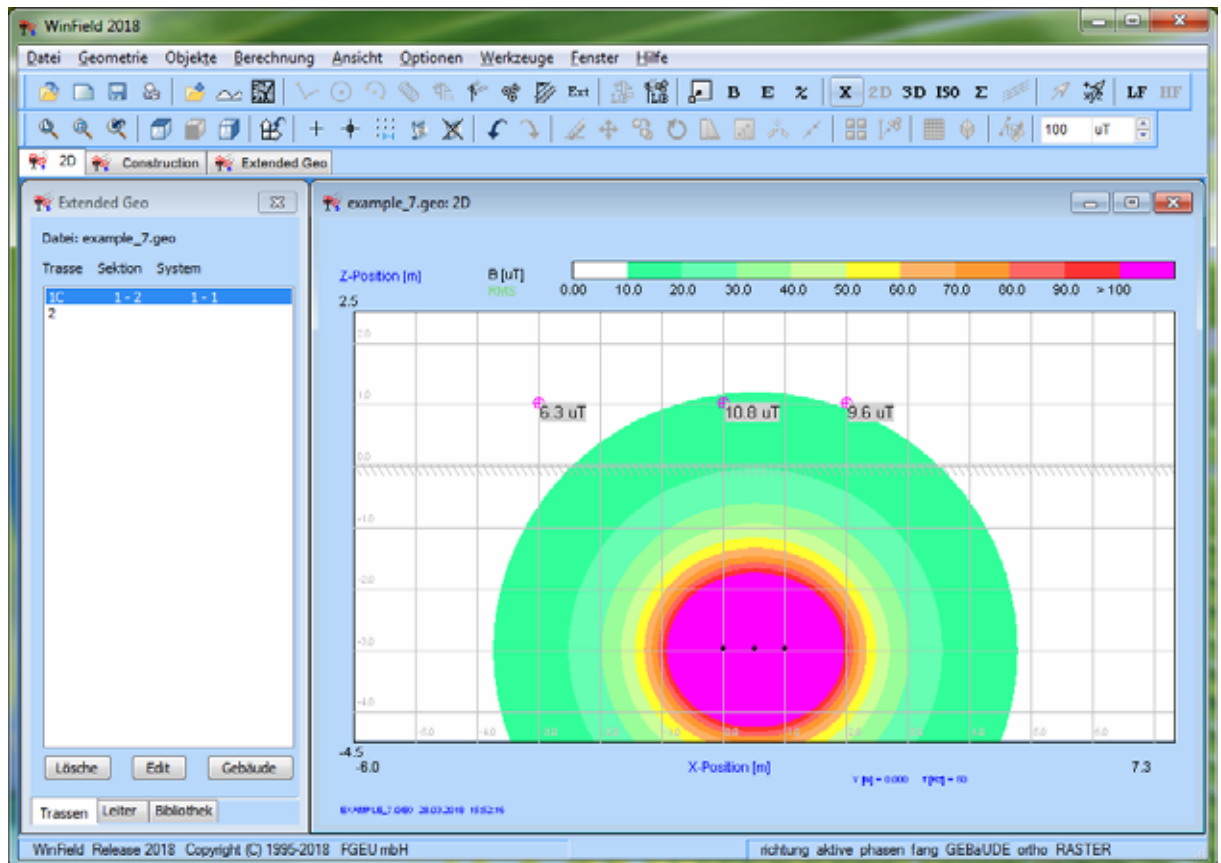
Um den Abstand zu den MARGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu vergrößern, wird das Kabel um 1 m nach unten verschoben. Klicken Sie dazu im **Trasseneditor** mit der rechten Maustaste auf die entsprechende Trasse (1C) und wählen im **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **EDIT** aus.



Es öffnet sich der folgende Dialog. Geben Sie im Bereich **Schiebe** für die Z-Richtung -1 m ein und schließen den Dialog mittels **OK**.

## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 3

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mit dem Button  der Toolbar.

Koordinatenliste

1	-3.000	0.000	1.000	6.273 uT
2	0.000	0.000	1.000	10.767 uT
3	2.000	0.000	1.000	9.628 uT

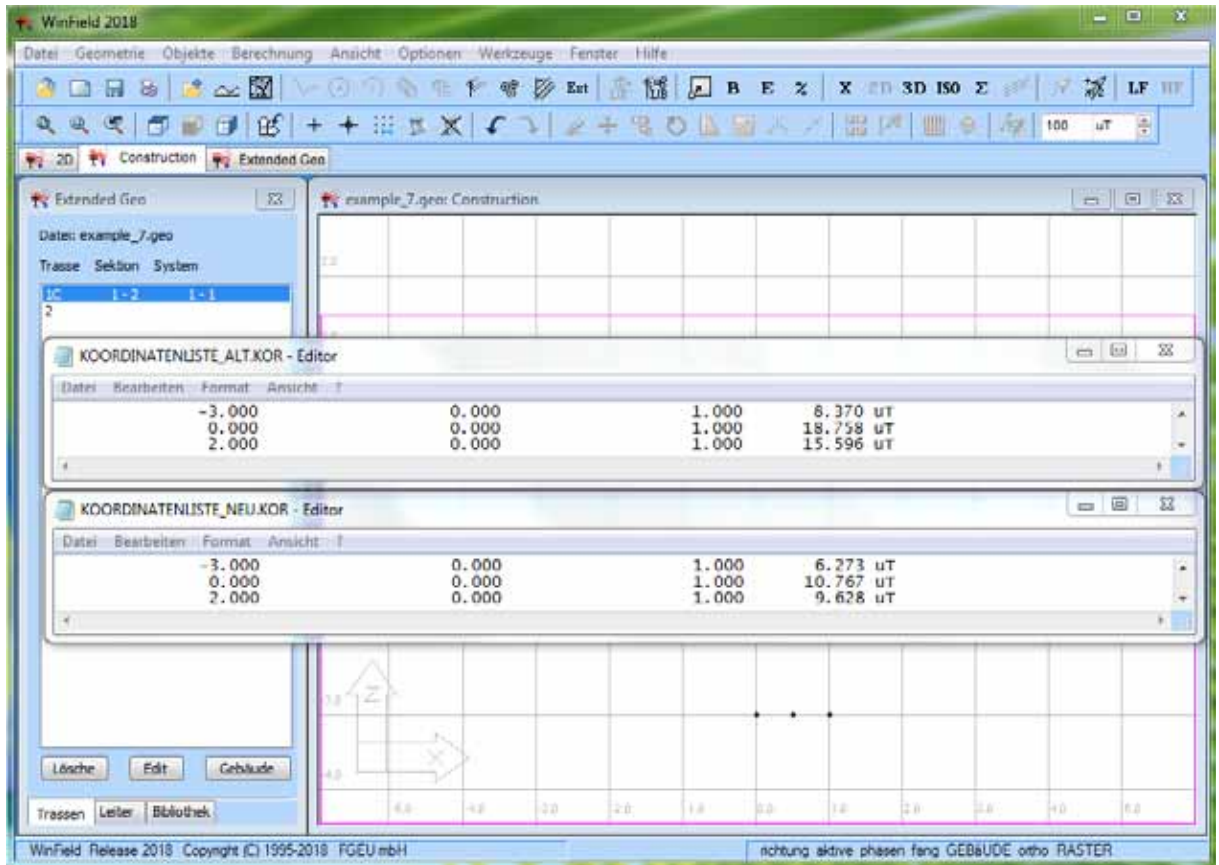
OK Speichern Laden Lösche Lösche alle

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.



## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 4

Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine Verringerung der Immission an den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN zu erkennen.



# KAPITEL 3 - HGÜ-FREILEITUNGEN

Abstandsoptimierung.....	84
Elektrische Schirmung.....	85
Minimierung der Leiterseilabstände.....	94
Optimierung des Mastbildes .....	102
Optimierung der Polanordnung .....	107

# Abstandsoptimierung

Die Vorgehensweise bei der Abstandsoptimierung mit den drei genannten Fällen

**Abstandsoptimierung – a) Erhöhung des Bodenabstandes**

**Abstandsoptimierung – b) Versetzen eines Systems**


**Abstandsoptimierung – c) Verringerung der Spannfeldlänge**



unterscheidet sich nicht von der Vorgehensweise bei Drehstrom-Freileitungen. Aus diesem Grund werden die einzelnen Schritte hier nicht erneut aufgeführt. Zur Abstandsoptimierung einer HGÜ-Freileitung folgen Sie den Anweisungen im Kapitel **Freileitungen** und wenden Sie diese auf Ihre HGÜ-Freileitung an.

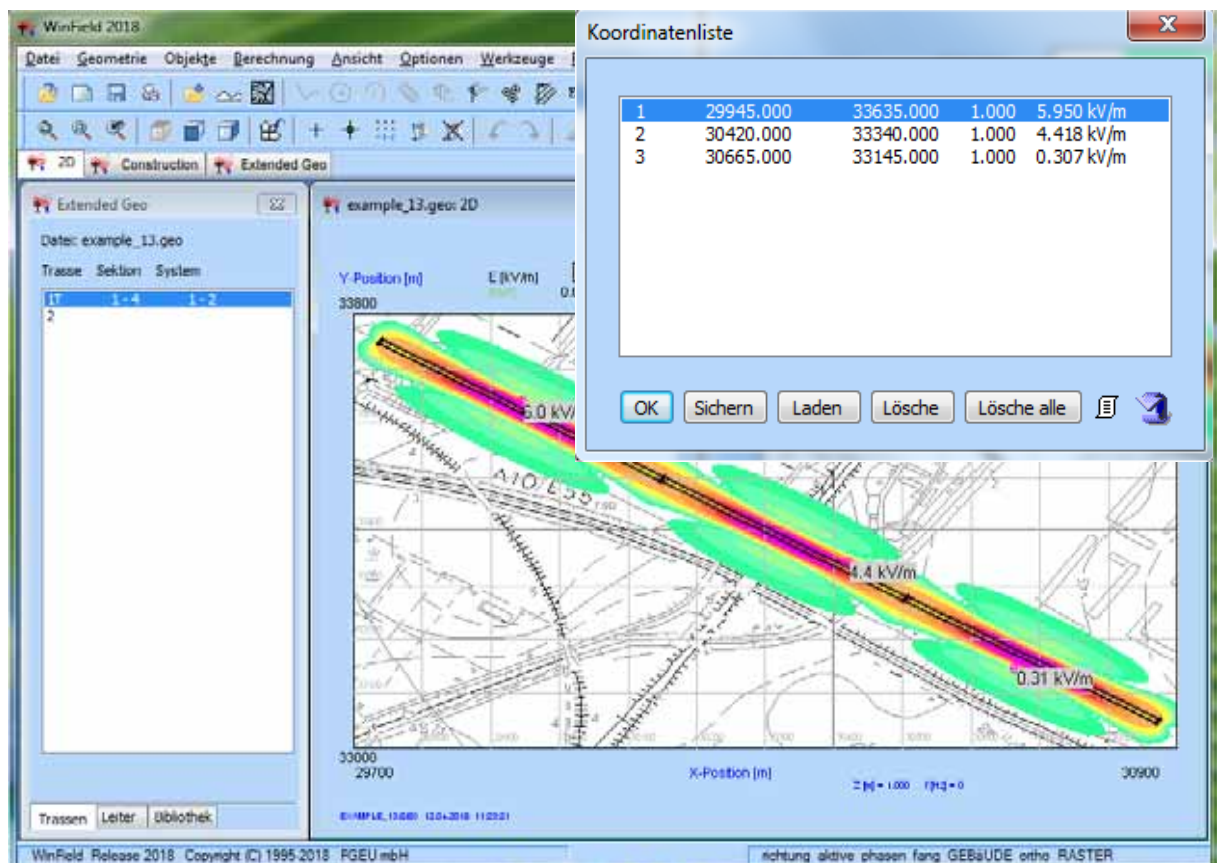
# Elektrische Schirmung: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch die Kompensationswirkung von Erdseilen oberhalb, innerhalb oder unterhalb der Leitersysteme erreicht.

In diesem Beispiel werden zwei Erdseile unterhalb der Systeme an den Masten angebracht.

Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 400-kV-HGÜ-Freileitung bestehend aus zwei bipolaren Systemen mit metallischen Neutralleitern. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_13.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BImSchV26VwV'.


Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'. Leeren Sie daraufhin die Koordinatenliste per Schalter **LÖSCHE ALLE**.

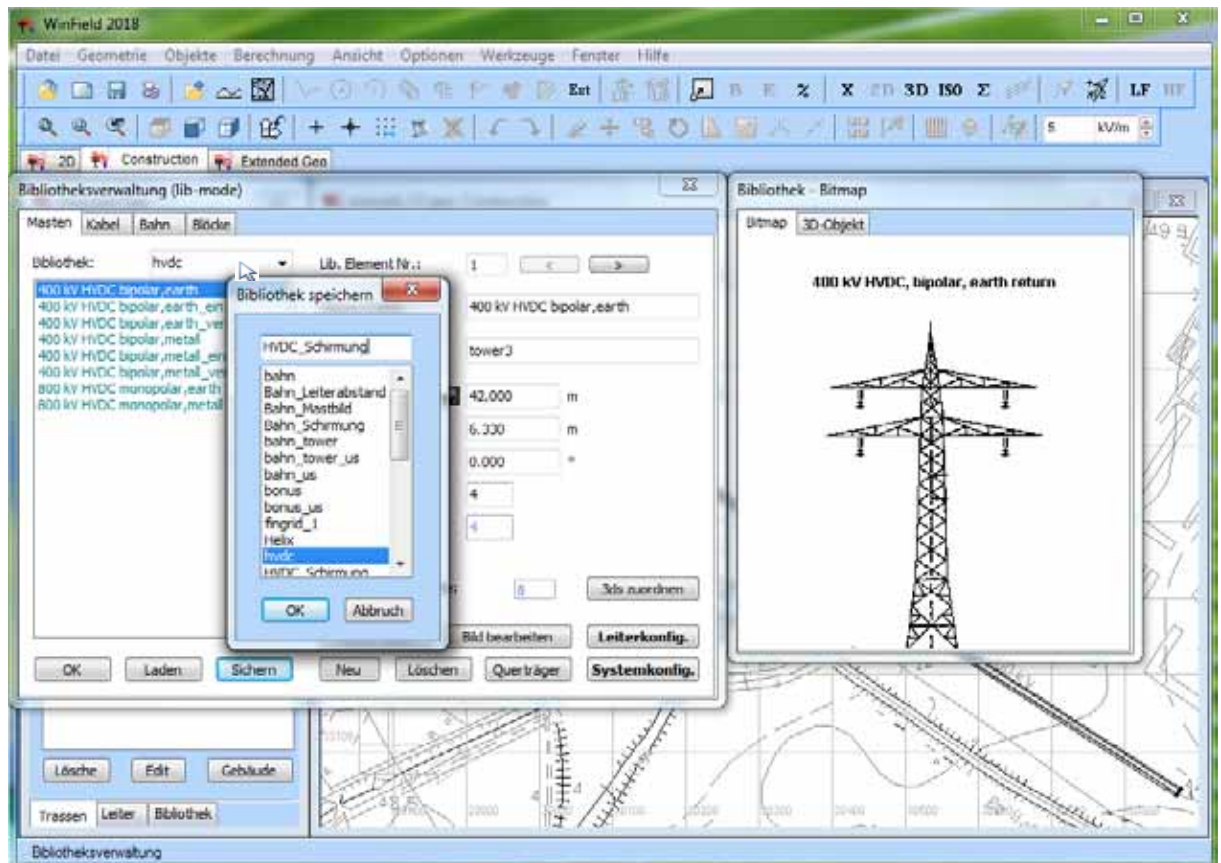




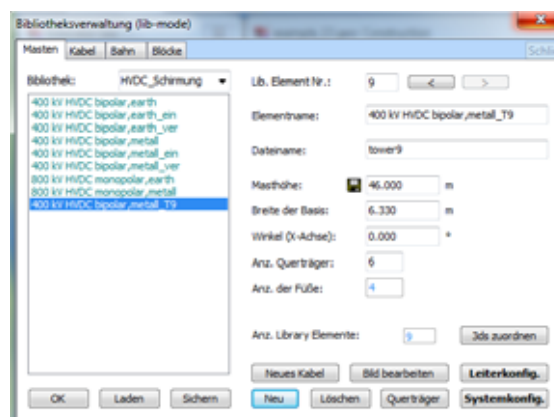
## Elektrische Schirmung: Schritt 2

Zum Einfügen von mehreren neuen Erdseilen müssen die bestehenden Masten kopiert, bearbeitet und wieder eingefügt werden.

Öffnen Sie dazu die **Bibliotheksverwaltung** mit dem Button  der Toolbar. Wählen Sie im Drop-down Menü '**HVDC**' aus (siehe Mauszeiger) und klicken Sie auf **SICHERN** um eine neue Bibliothek zu erstellen. Im Dialog **Bibliothek speichern** geben Sie in der obersten Zeile den neuen Namen '**HVDC\_Schirmung**' ein.



Bestätigen Sie den Dialog mittels **OK**. Selektieren Sie den Mast '**400 kV HVDC bipolar,metall**' und klicken auf **NEU**. Dadurch entsteht eine Kopie des originalen Masten mit den gleichen Eigenschaften und dem Namen '**400 kV HVDC bipolar,metall\_T9**'. Diese Kopie des Masten ist ein exaktes Duplikat, sodass immer auf den originalen Mast zurückgegriffen werden kann.



## Elektrische Schirmung: Schritt 3

Dieser Mast wird nun bearbeitet. Klicken Sie auf **SYSTEMKONFIG.** und tragen in der sich öffnenden **Systemkonfiguration** in das Feld **Anzahl der Erdseile** eine **2** ein und schließen diese mittels **OK**.

Systemkonfiguration

System Nr.: 1

Erdseil Nr.: 1

Spannung: -400.000 kV

Strom: -3150.000 A

Frequenz: 0.000 Hz

Al: 435 mm<sup>2</sup>

St: 55 mm<sup>2</sup>

Cu: 0 mm<sup>2</sup>

Leiterradius: 14.440 mm

Widerstand [Ohm/km]: 0.065

Anz. der Erdseile: 2

Anz. der Teileiter: 4

Teileiter Abstand: 0.400 m

Anz. der Systeme: 2 ☒ sym.

OK Neu Löschen

Al: 44 mm<sup>2</sup>

St: 32 mm<sup>2</sup>

Cu: 0 mm<sup>2</sup>

Leiterradius: 5.687 mm

Widerstand [Ohm/km]: 0.000

Erdbodenwiderstand: 50.000 ohmm

Strom: 0.000 A

Phase: 0.000 °

Phasenleiter Nr.: 1

Phase: 0.000 °

Strom: 0.000 A

Spannung: 0.000 kV

Die neuen Erdseile liegen zunächst auf der Koordinate (0,0) und müssen positioniert werden. Öffnen Sie hierzu die **LEITERKONFIG.** In dieser geben Sie die folgenden Werte für die Erdseile ein (rechts oben im linken Bild die Werte für Erdseil **Nr. 1**, rechts oben im rechten Bild die Werte für Erdseil **Nr. 2**) und schließen daraufhin die **Leiterkonfiguration** mittels **OK**.

Leiterkonfiguration

System Nr.: 1

Erdseil Nr.: 1

Höhe am Masten: 20.000 m

Abstand Trassenachse: 3.000 m

Höhe in Feldmitte: 8.000 m

Phasenleiter Nr.: 1

Höhe am Masten: 40.700 m

Abstand Trassenachse: -3.000 m

Höhe in Feldmitte: 25.700 m

Anz. der Systeme: 2

OK Schieben Phasen zufällig Phasen optimieren

Leiterkonfiguration

System Nr.: 1

Erdseil Nr.: 2

Höhe am Masten: 20.000 m

Abstand Trassenachse: -3.000 m

Höhe in Feldmitte: 8.000 m

Phasenleiter Nr.: 1

Höhe am Masten: 40.700 m

Abstand Trassenachse: -3.000 m

Höhe in Feldmitte: 25.700 m

Anz. der Systeme: 2

OK Schieben Phasen zufällig Phasen optimieren

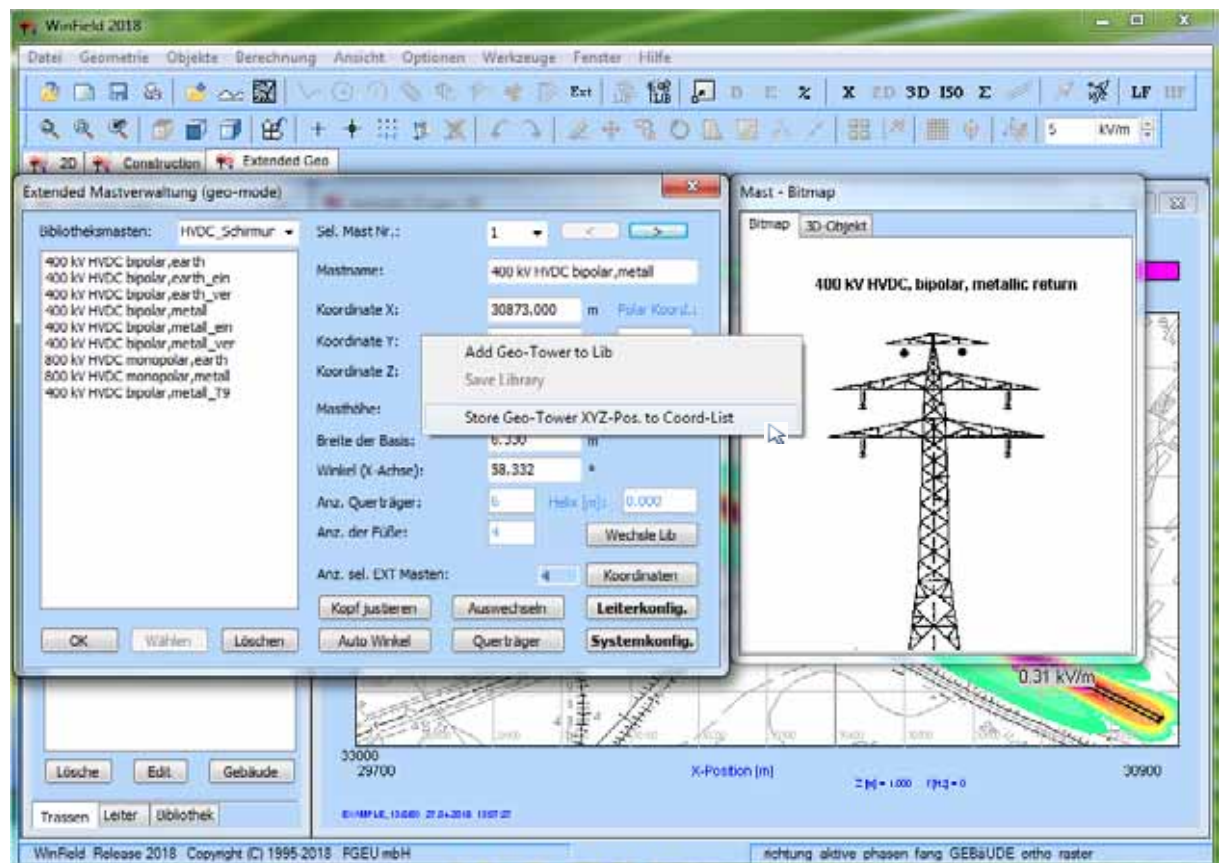
Schließen Sie anschließend auch die **Bibliotheksverwaltung** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

## Elektrische Schirmung: Schritt 4

Die bestehenden Masten sollen nun durch die neuen Masten mit mehreren Erdseilen ersetzt werden, wozu die Positionen der Masten zu extrahieren sind.

Öffnen Sie dazu die **Mastverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1T) im **Trasseneditor**. Wählen Sie nun in der **Mastverwaltung** den **Mast Nr. 1** aus.

Klicken Sie daraufhin in der **Mastverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und selektieren Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **STORE GEO-TOWER XYZ-POS. TO COORD-LIST**.

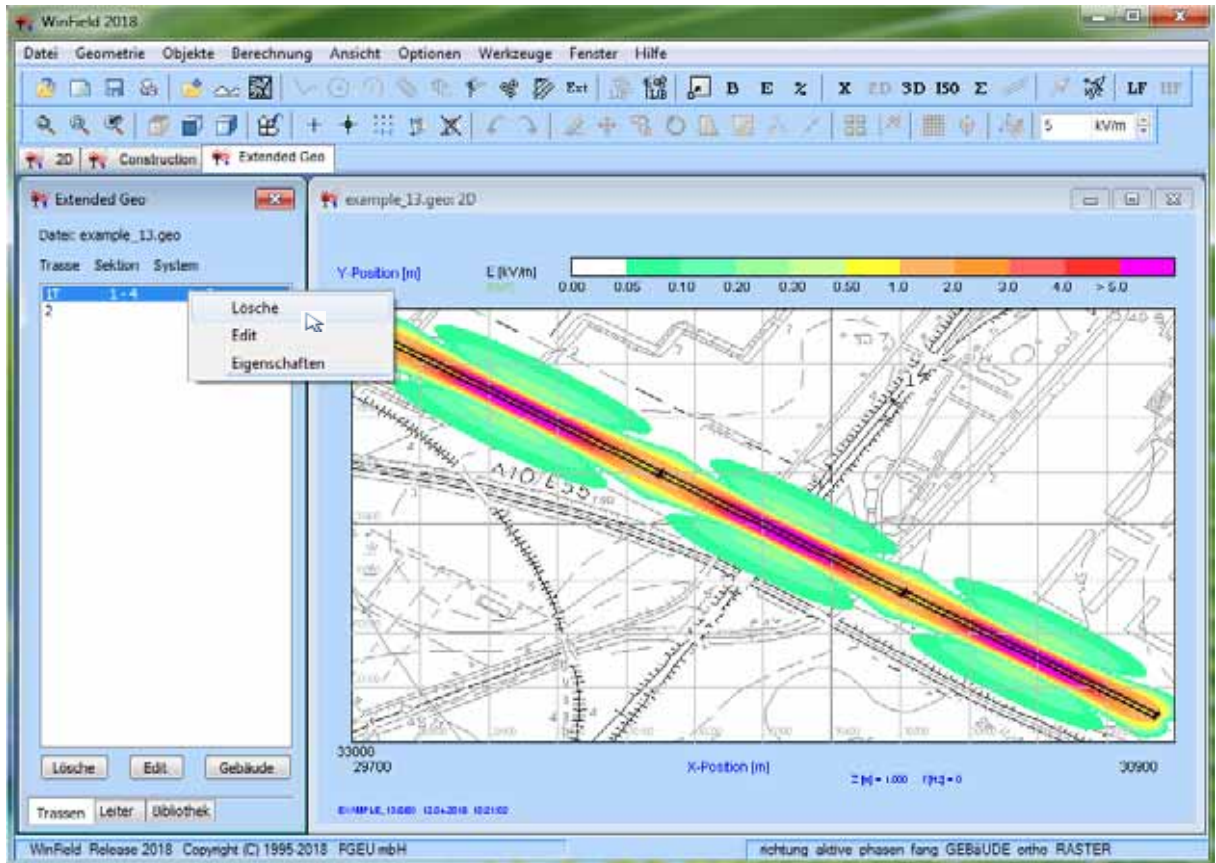


Schließen Sie die **Mastverwaltung** mittels **OK**.

## Elektrische Schirmung: Schritt 5

Da die Positionen der Masten nun in der Koordinatenliste gesichert sind, kann die Trasse gelöscht werden.

Klicken Sie dazu im **Trasseneditor** mit der rechten Maustaste auf die Trasse **1T** und wählen im **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **LÖSCHE**.

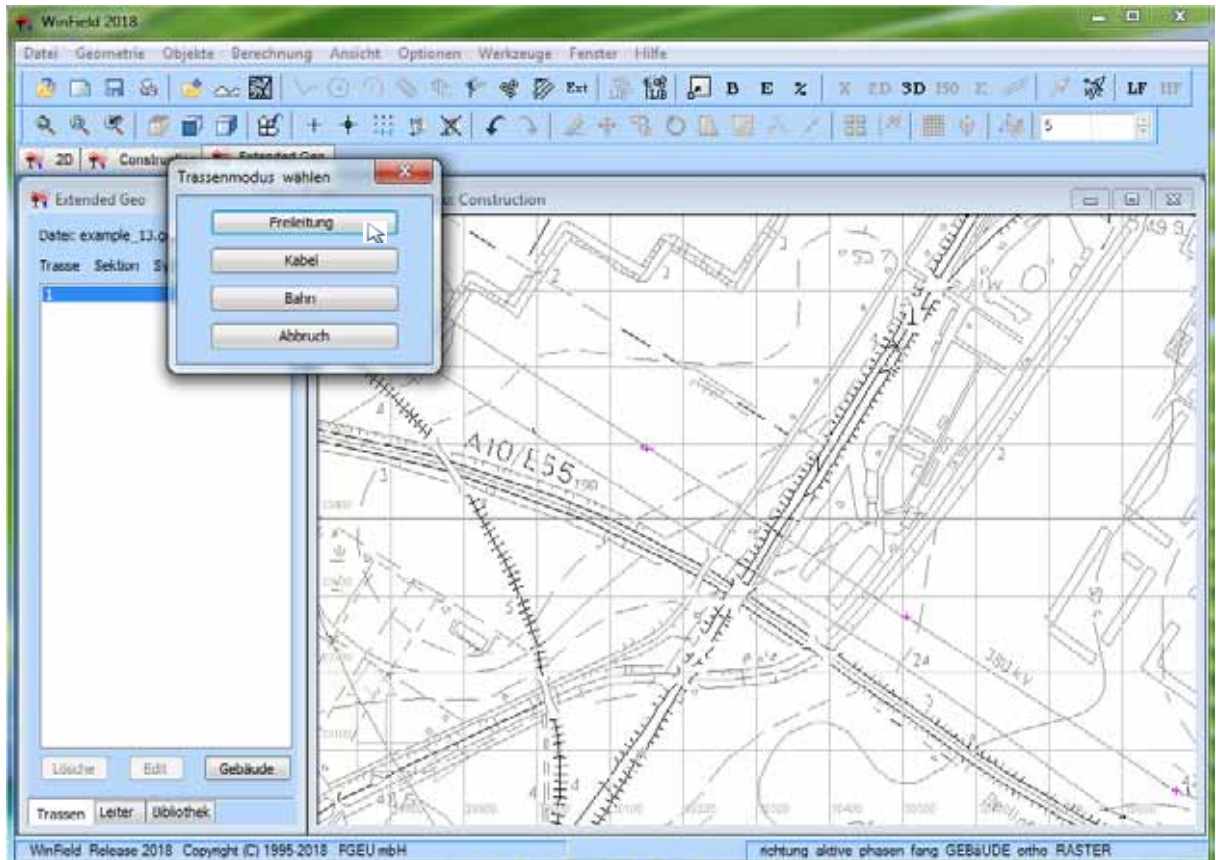




## Elektrische Schirmung: Schritt 6

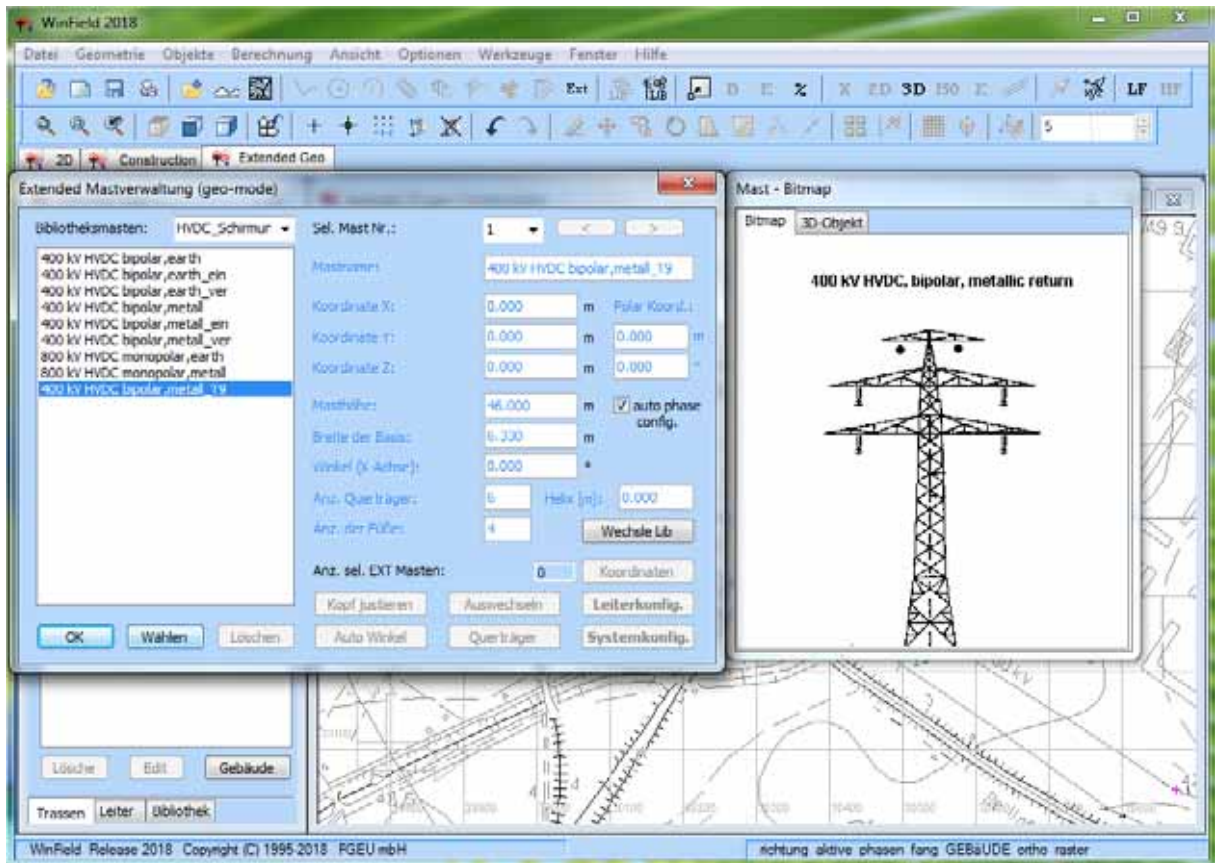
Im **Konstruktionsfenster** sind anschließend nur noch die extrahierten Koordinaten der Masten zu sehen.


Klicken Sie nun mit einem Doppelklick auf den leeren Listeneintrag '1' im **Trasseneditor** um eine Trasse mit den neuen Masten zu erstellen. Es öffnet sich der **Trassenmodus wählen** Dialog. Betätigen Sie darin den Schalter **FREILEITUNG**.

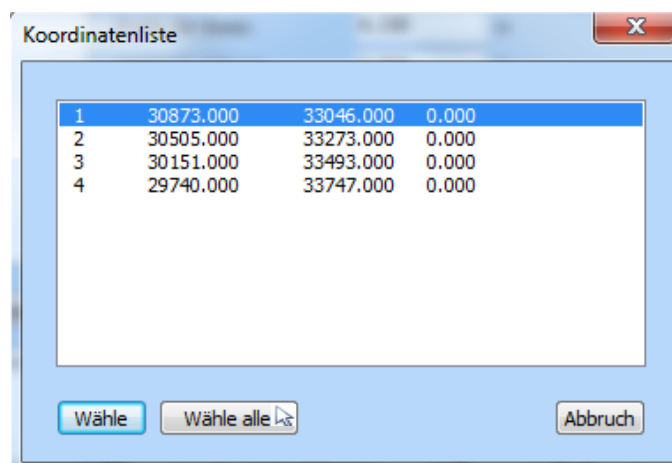


## Elektrische Schirmung: Schritt 7

Daraufhin öffnet sich die **Mastverwaltung**. In dieser selektieren Sie den Mast '400 kV HVDC bipolar,metall\_T9' und klicken viermal auf **WÄHLEN** um 4 neue Masten dieses Typs einzufügen.



Anschließend wechseln Sie per Schalter  zu Mast **Nr. 1** und klicken auf **KOORDINATEN**. Um den neuen Masten die bestehenden Positionen zuzuordnen, klicken Sie in der sich öffnenden **Koordinatenliste** auf **WÄHLE ALLE**.





Schließen Sie die **Mastverwaltung** danach mittels **OK**.

## Elektrische Schirmung: Schritt 8

Führen Sie eine Berechnung der elektrischen Feldstärke per Button **E** der Toolbar durch.

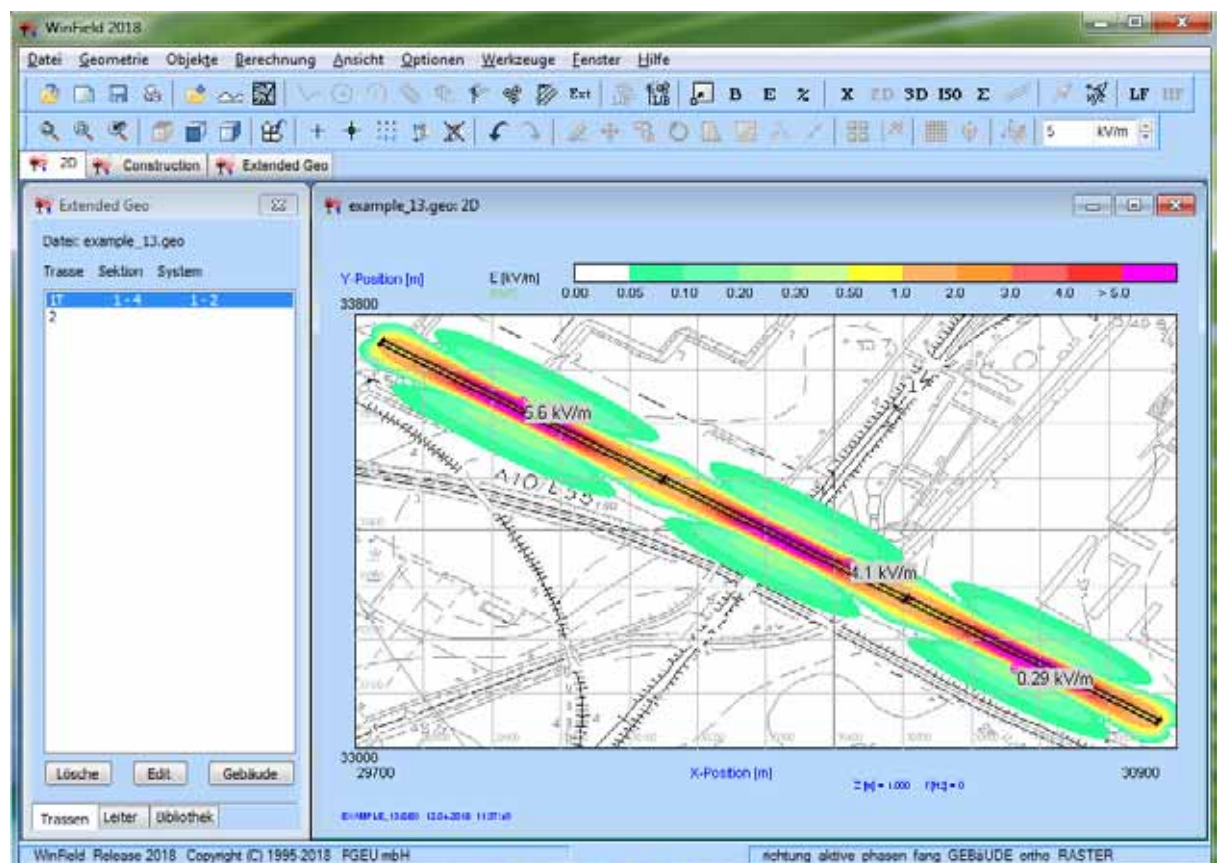
Öffnen Sie jetzt mittels des Buttons  der Toolbar die **Koordinatenliste** und klicken auf **LADEN**. Wählen Sie die '**Koordinatenliste\_Alt.kor**' aus und klicken auf **ÖFFNEN**. Diese enthält bereits die neuen elektrischen Feldstärken für die jeweiligen Koordinaten.

ID	X	Y	Z	E (kV/m)
1	29945.000	33635.000	1.000	5.600 kV/m
2	30420.000	33340.000	1.000	4.101 kV/m
3	30665.000	33145.000	1.000	0.290 kV/m

Buttons: OK, Speichern, Laden, Lösche, Lösche alle, , 

**SICHERN** Sie diese mit dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'. Schließen Sie anschließend das Fenster mittels **OK**.

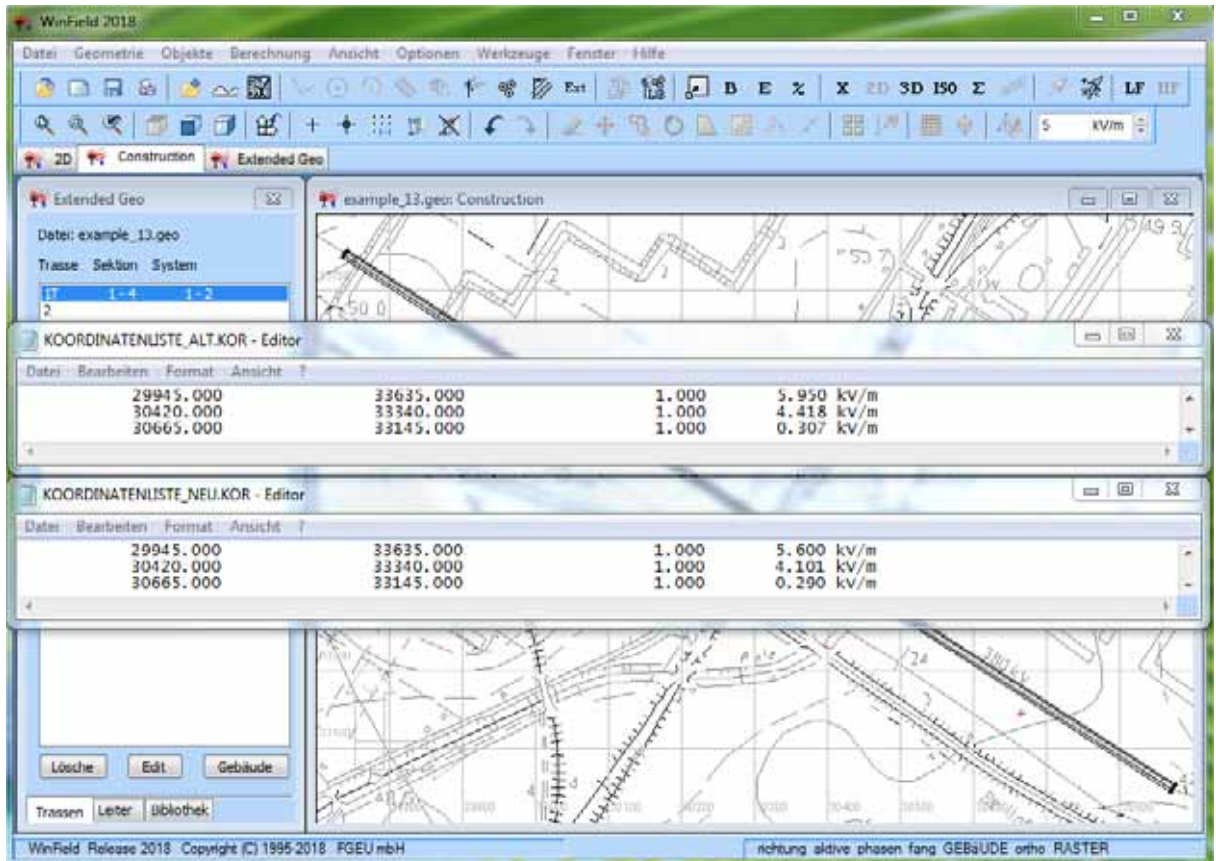
Das Ergebnis sieht im **2D-Fenster** wie folgt aus.





## Elektrische Schirmung: Schritt 9


Hier folgt nun noch der Vergleich der Ergebnisse. An allen drei MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte eine Verringerung der Immission erzielt werden.





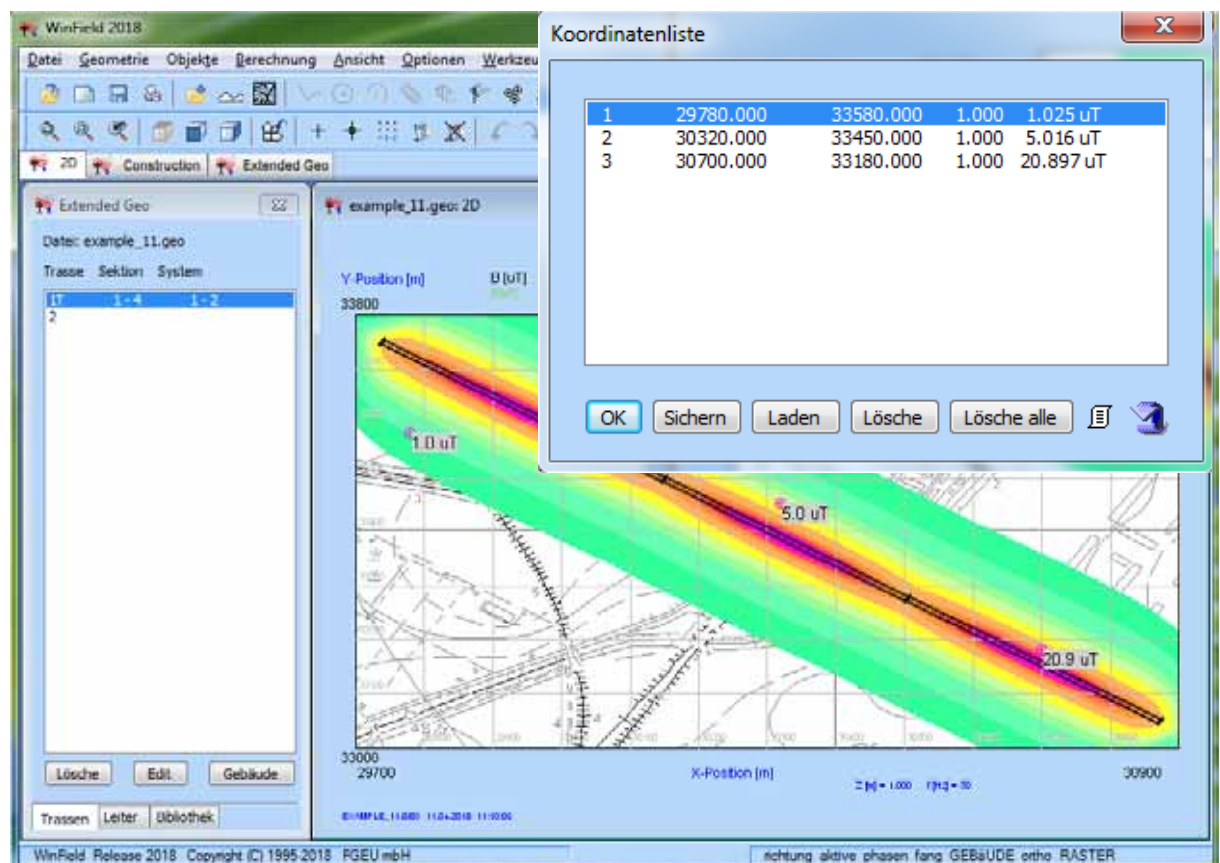


# Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 1

Die Minimierung der Immission am MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Verringerung der Abstände zwischen den einzelnen Leiterseilen oder durch die Verringerung des Abstandes zwischen den Systemen als Ganzes erreicht. Dadurch kann die Kompensation der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte verbessert werden. In diesem Beispiel wird der Abstand zwischen den beiden Systemen um 1 m verringert.


Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 400-kV-HGÜ-Freileitung bestehend aus zwei bipolaren Systemen mit metallischen Neutralleitern. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_11.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

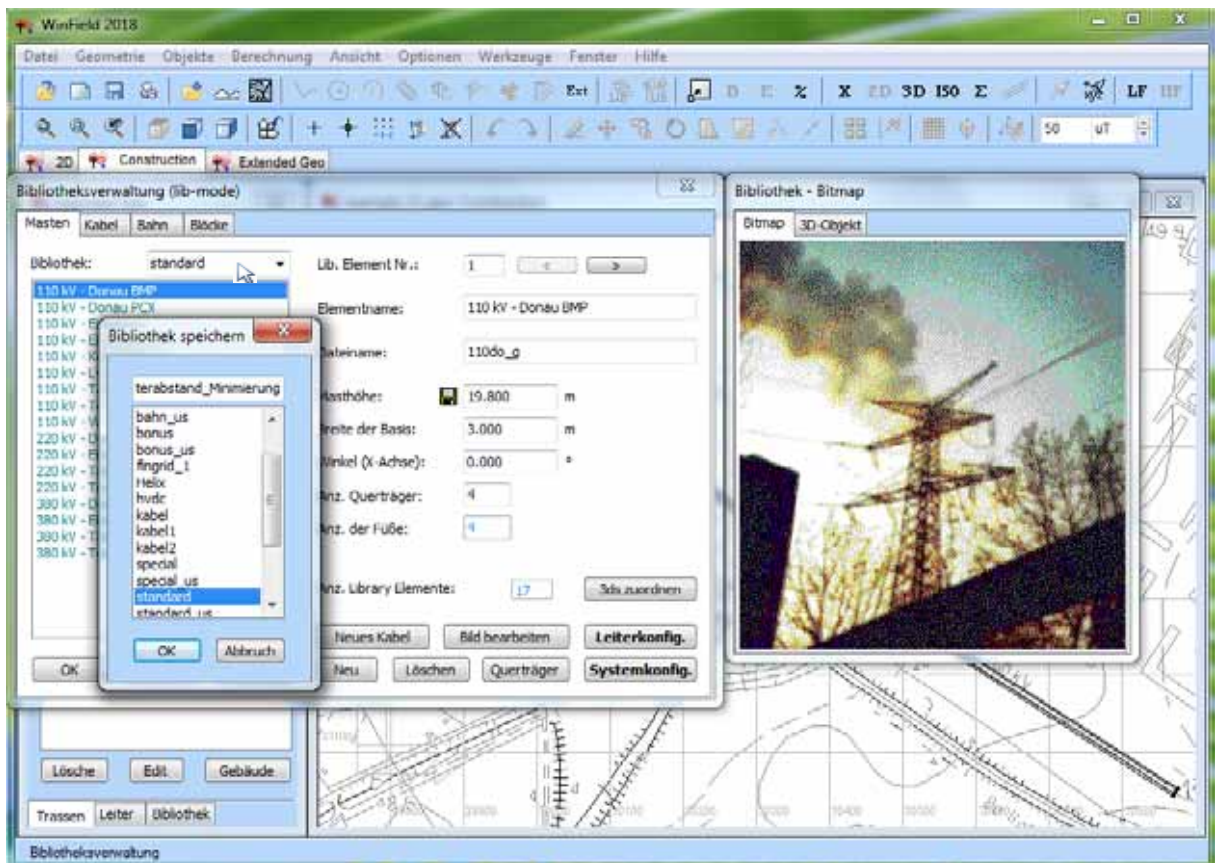
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MÄßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 2



Damit nicht für jeden einzelnen Masten die **Leiterkonfiguration** verändert werden muss, werden im Folgenden die Masten aus der Geometrie exportiert, in der Bibliothek bearbeitet und wieder bei den entsprechenden Koordinaten eingefügt.

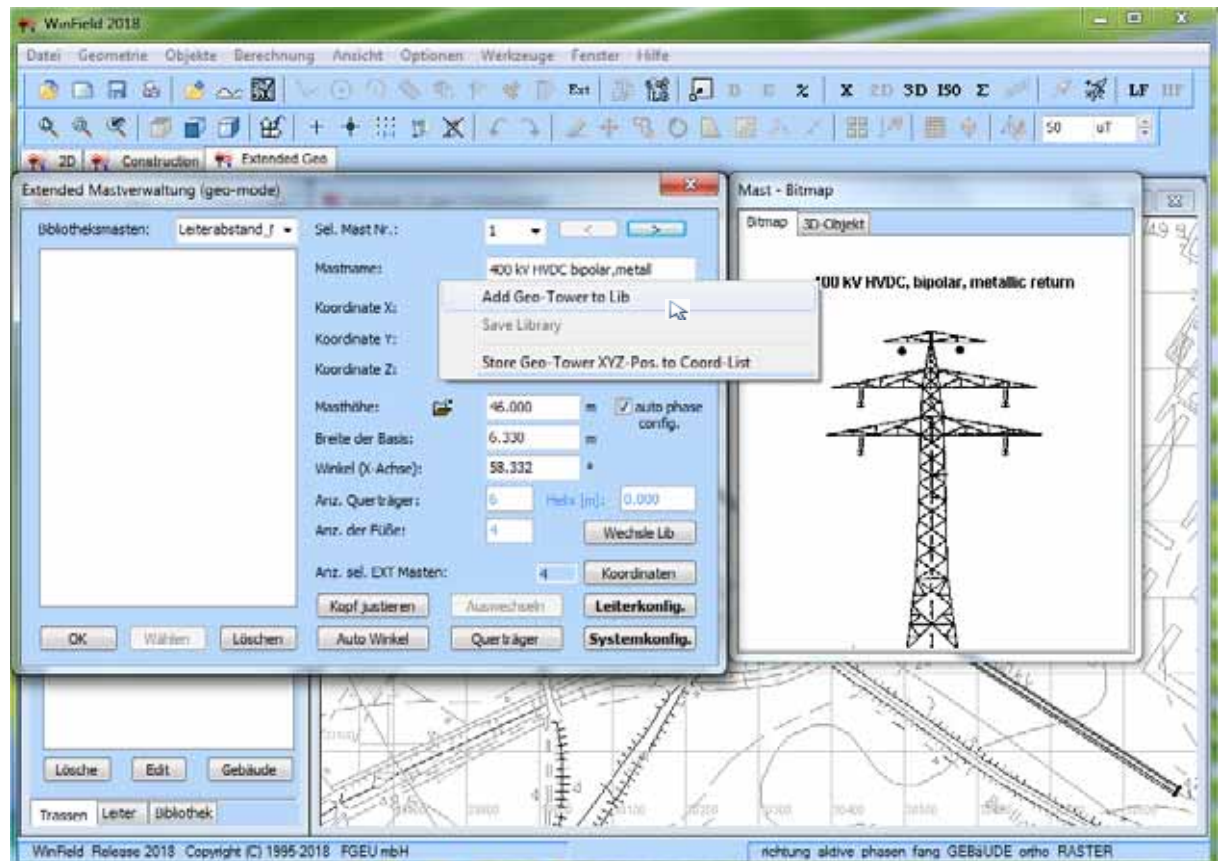
Öffnen Sie dazu die **Bibliotheksverwaltung** mit dem Button  der Toolbar. Wählen Sie im Drop-down Menü '**STANDARD**' aus (siehe Mauszeiger) und klicken Sie auf **SICHERN** um eine neue Bibliothek zu erstellen. Im Dialog **Bibliothek speichern** geben Sie in der obersten Zeile den neuen Namen '**Leiterabstand\_Minimierung**' ein.



Bestätigen Sie den Dialog mit **OK** und entfernen Sie die vorhandenen Masten mittels **LÖSCHEN**. Schließen Sie anschließend auch die **Bibliotheksverwaltung** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 3

In diese neue leere Bibliothek fügen Sie nun den entsprechenden Mast, den Sie bearbeiten möchten, aus der Geometrie ein. Dazu öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Trasse **1T** im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung** und wählen per Schalter   den **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin in der **Mastverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und wählen Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **ADD GEO-TOWER TO LIB** aus.

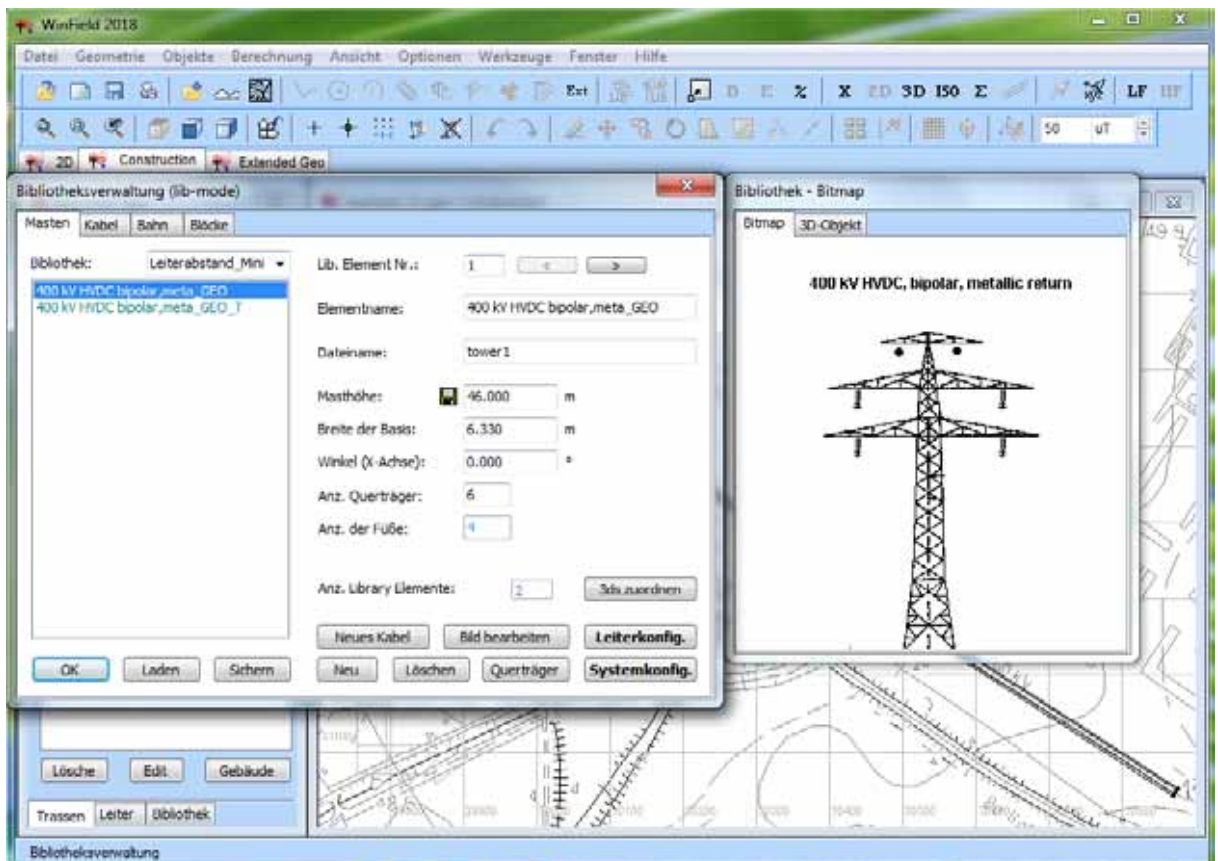


Sie legen hiermit einen neuen Bibliothek-Mast mit dem Namen **'400 kV HVDC bipolar,meta\_GEO'** an, welcher aus der Geometrie extrahiert wurde. Dieser besitzt dieselben Parameter und Einstellungen wie das Original in der Geometrie. Schließen Sie die **Mastverwaltung** mittels **OK** und bestätigen Sie den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.



## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 4

Als nächstes soll der extrahierte Mast bearbeitet werden. Öffnen Sie hierzu die **Bibliotheksverwaltung** per Button  der Toolbar und wählen den Mast '400 kV HVDC bipolar,meta\_GEO' aus. Klicken Sie daraufhin auf **NEU**, um von diesem eine Kopie mit dem Namen '400 kV HVDC bipolar,meta\_GEO\_T' zu erstellen.

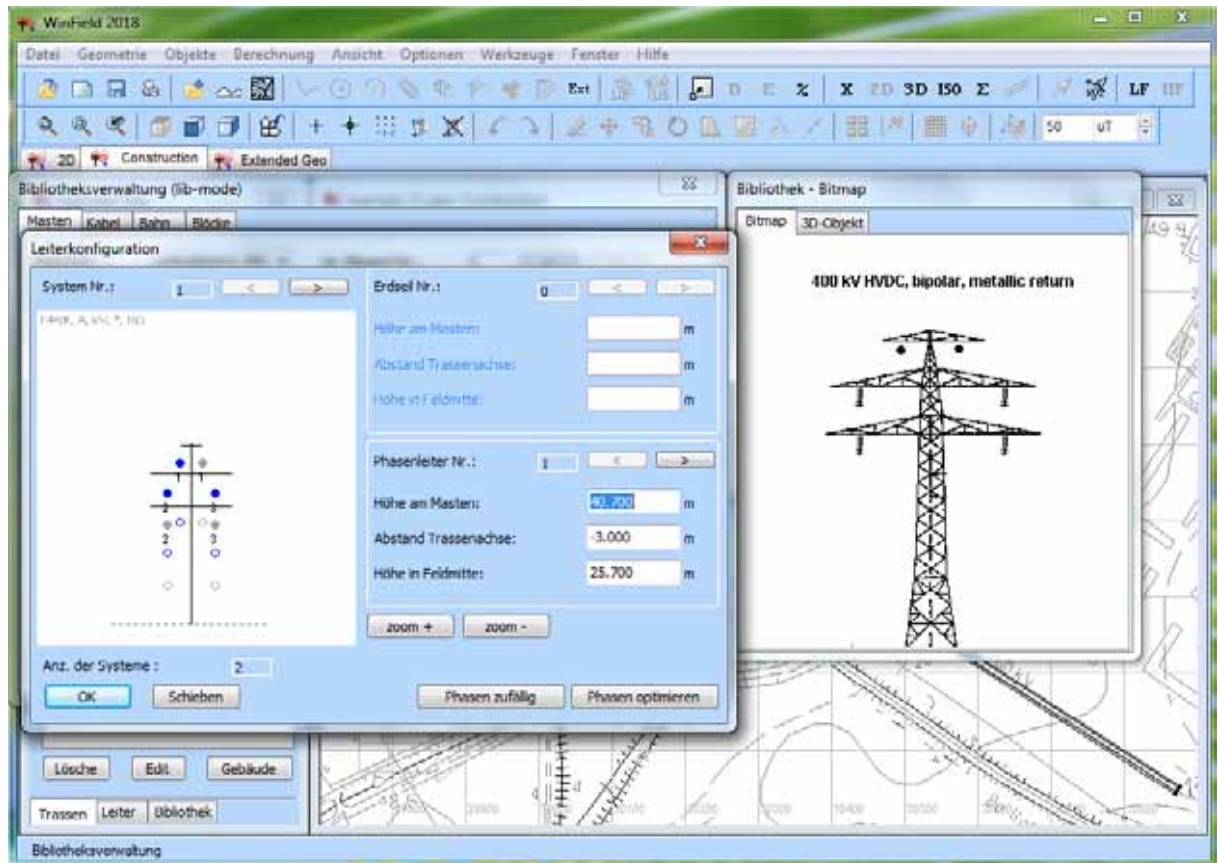


Diese Kopie des Masten ist ein exaktes Duplikat, so dass immer auf den originalen Mast zurückgegriffen werden kann.

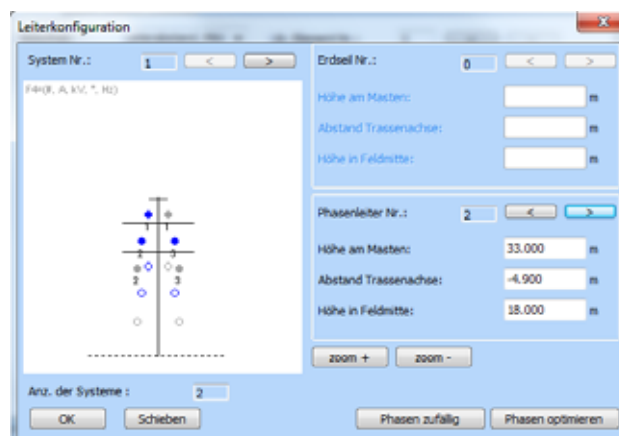


## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 5

Nun wird das Duplikat des Masten bearbeitet. Wählen Sie dazu den Mast '400 kV HVDC bipolar,meta\_GEO\_T' aus und öffnen die **LEITERKONFIG.** Sie erhalten die folgende Darstellung.



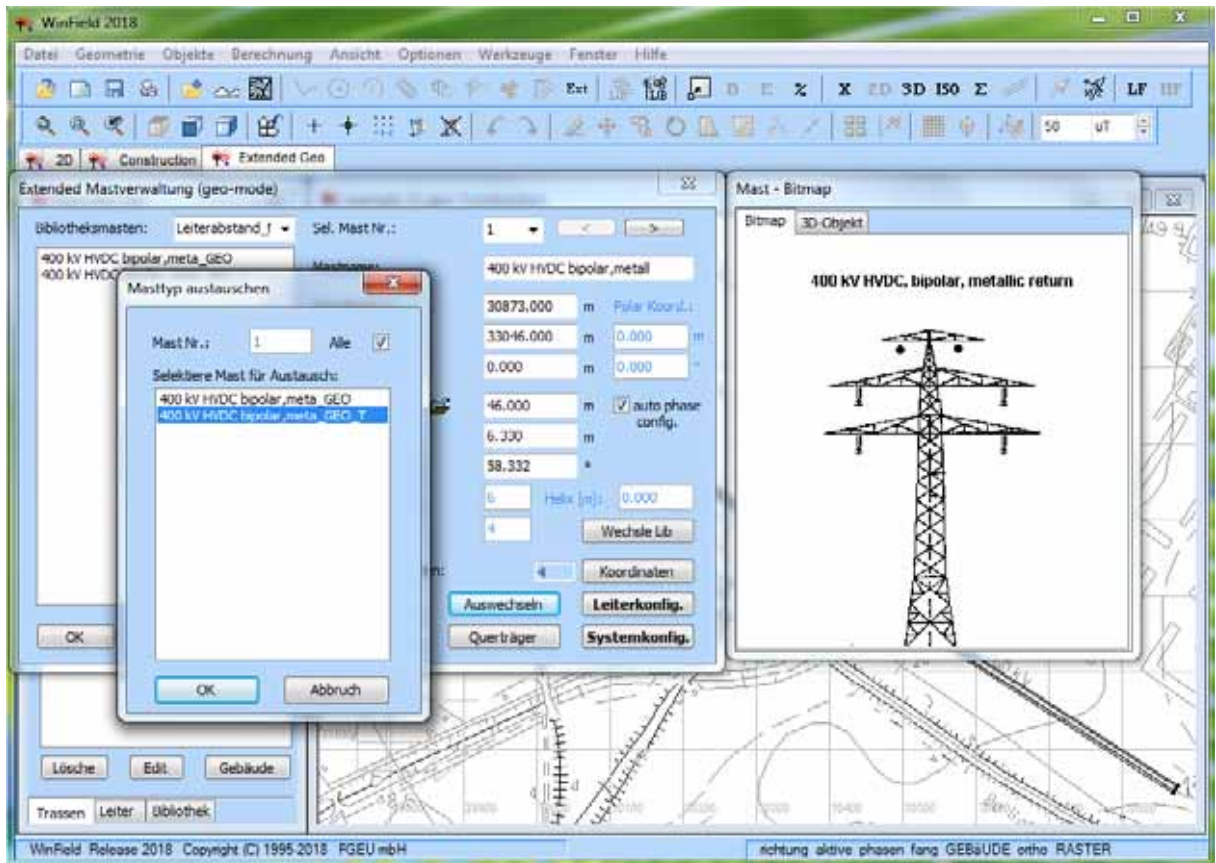
Geben Sie nun für die Phaseleiter **Nr. 2** der Systeme **Nr. 1** und **Nr. 2** jeweils einen **Abstand Trassenachse** von -4.9 m ein. Anschließend geben Sie für die Phaseleiter **Nr. 3** der Systeme **Nr. 1** und **Nr. 2** jeweils einen **Abstand Trassenachse** von 4.9 m ein




Schließen Sie die **Leiterkonfiguration** und die **Bibliotheksverwaltung** mittels **OK** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

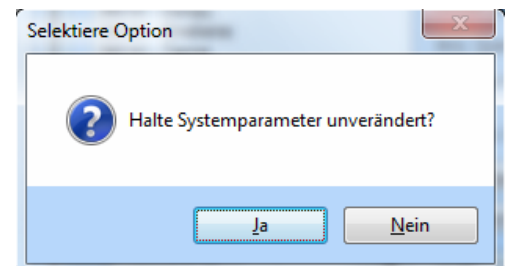
## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 6

Jetzt werden die alten Masten durch die neuen Masten ersetzt. Öffnen Sie dazu die **Mastverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1T) im **Trasseneditor**.



Wählen Sie über den Schalter  **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin auf **AUSWECHSELN** und wählen im sich öffnenden **Masttyp austauschen** Dialog, den neuen Mast '**400 kV HVDC bipolar,meta\_GEO\_T**'. Setzen Sie anschließend den Checkhaken **ALLE** und bestätigen den Dialog mit **OK**.

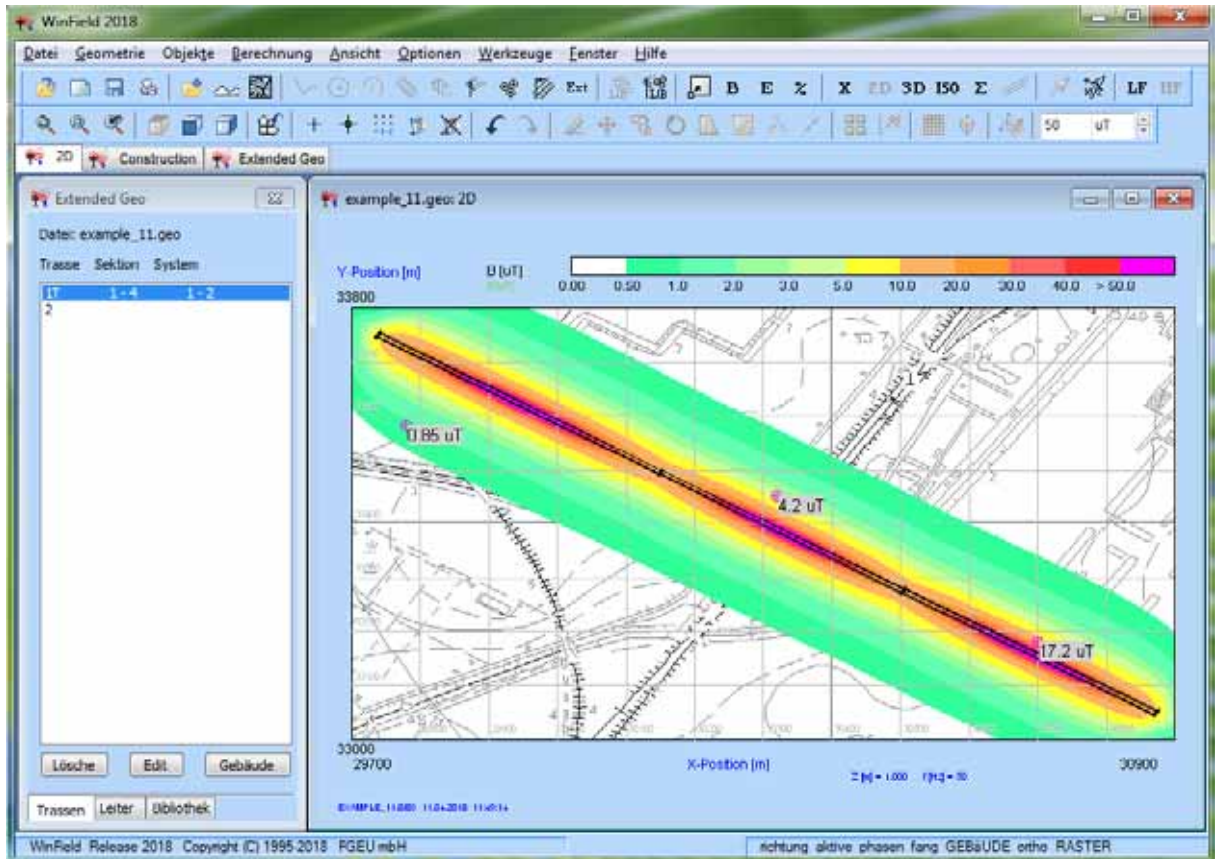
Klicken Sie bei der sich öffnenden Abfrage '**Halte Systemparameter unverändert**' auf **JA** und schließen Sie auch die **Mastverwaltung** mit **OK**. Durch das Beibehalten der Systemparameter bleiben alle elektrischen Parameter konstant und werden nicht überschrieben, während alle geometrischen Parameter angepasst werden.



**Hinweis:** Klicken Sie bei der Abfrage auf **NEIN** werden Ströme, Spannungen, Phasen etc. vom neuen Masttypen übernommen, was in diesem Beispiel nicht beabsichtigt ist.

## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 7

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mit dem Button  der Toolbar.

Koordinatenliste

1	29780.000	33580.000	1.000	0.851 uT
2	30320.000	33450.000	1.000	4.153 uT
3	30700.000	33180.000	1.000	17.200 uT

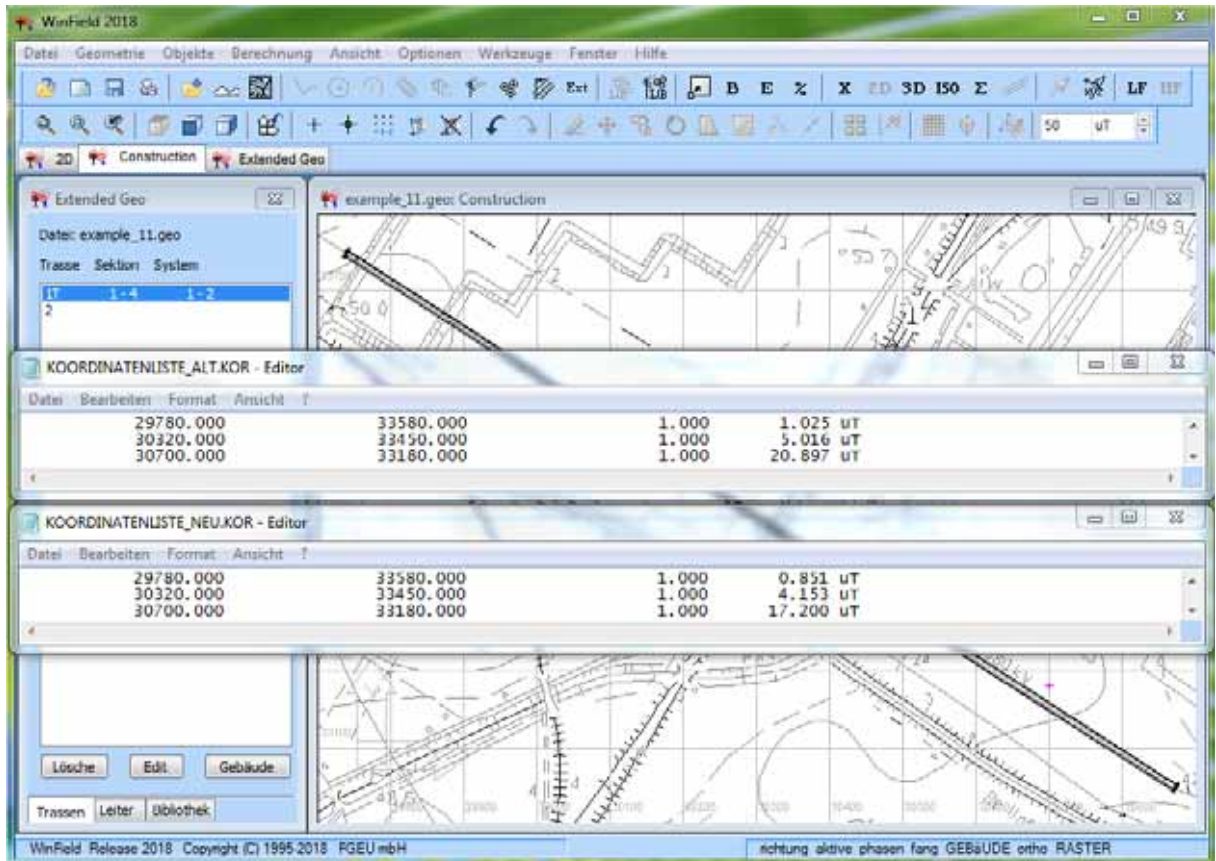
OK Sicher Laden Lösche Lösche alle

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.



## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 8

Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine Verringerung der Immission an den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN zu erkennen.








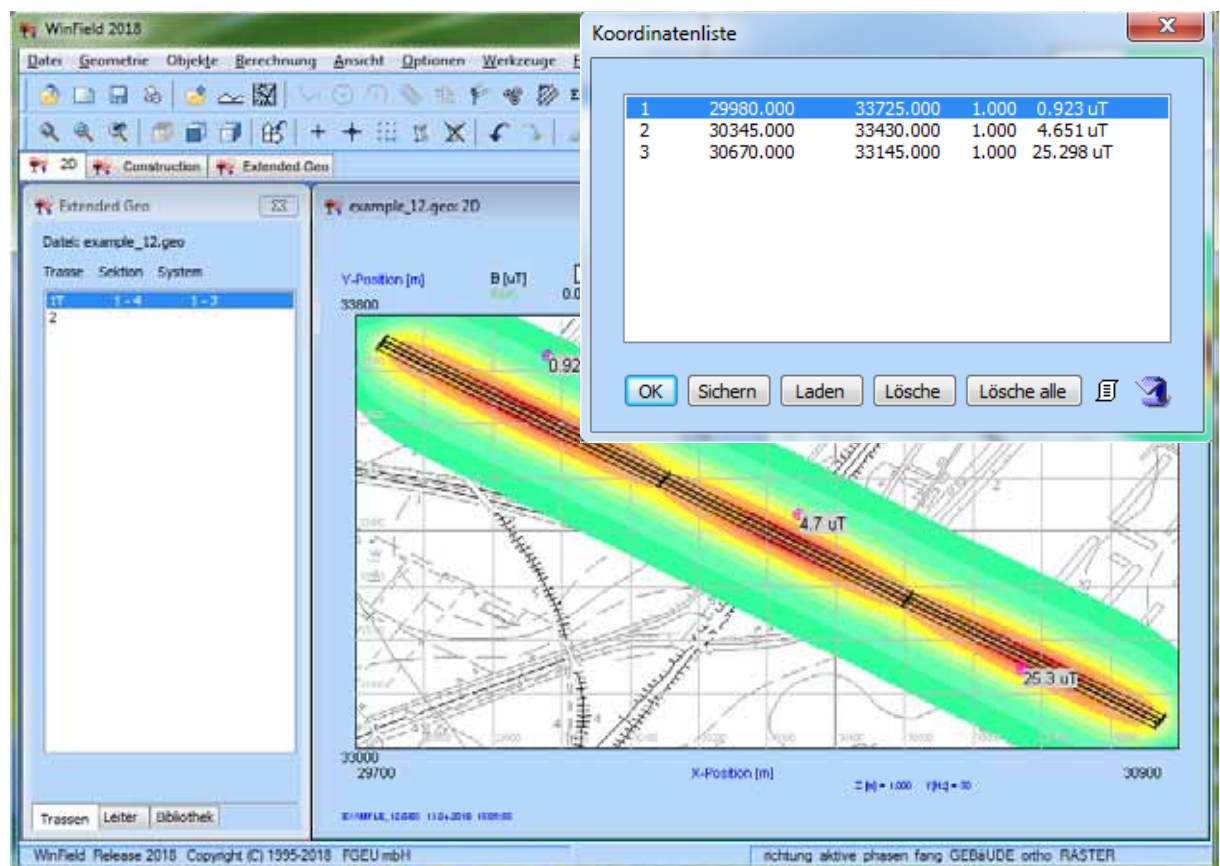
# Optimierung des Mastbildes: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Optimierung des Mastbildes erreicht. Damit kann die Kompensation der elektrischen Feldstärke oder magnetischen Flussdichte verbessert und die Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden. In diesem Beispiel werden die HGÜ-Masten mit einer horizontalen Leiterseilanordnung durch HGÜ-Masten mit vertikaler Leiterseilanordnung ersetzt.

**Hinweis:** Das optimale Mastbild kann für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte unterschiedlich sein.

Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 400-kV-HGÜ-Freileitung bestehend aus Masten mit horizontaler Leiterseilanordnung. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_12.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BImSchV26VwV'.

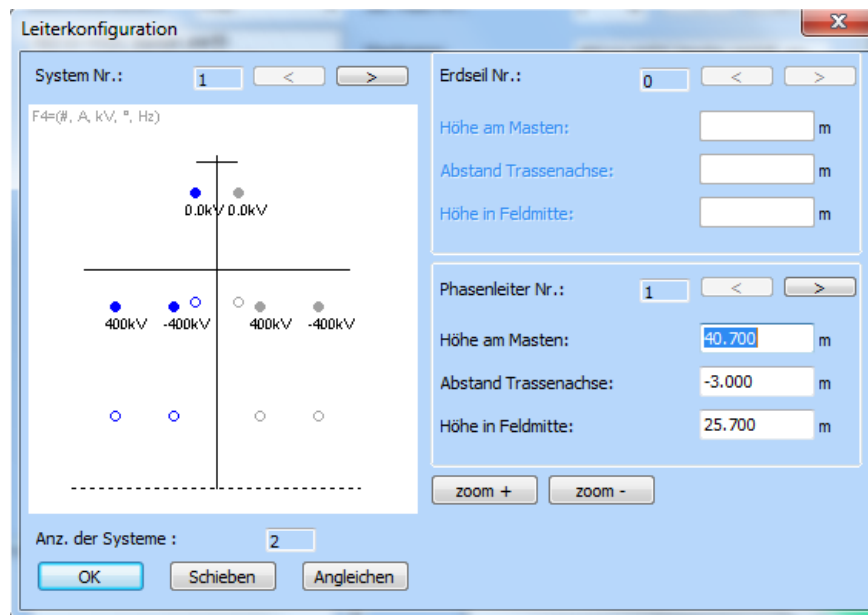
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



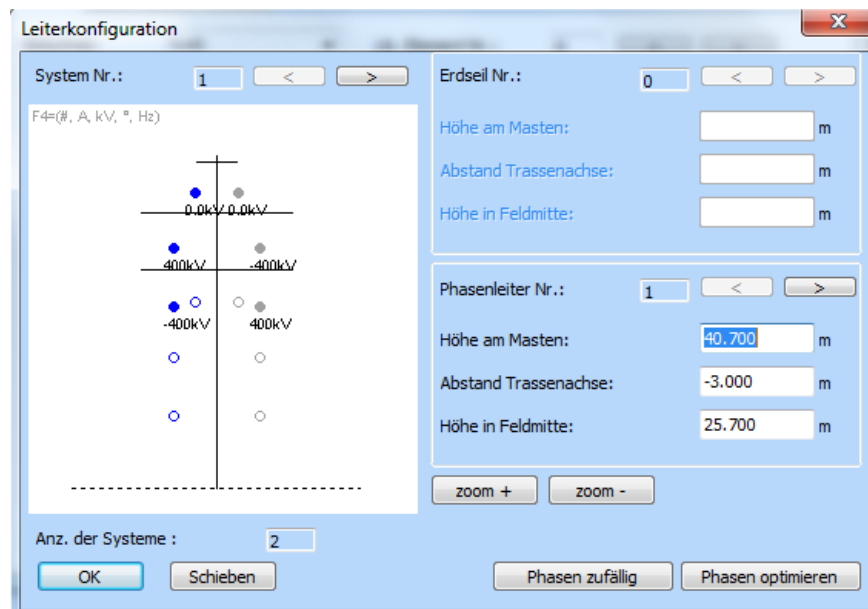
## Optimierung des Mastbildes: Schritt 2

Nun werden die Masten mit horizontaler Leiterseilanordnung durch Masten mit einer vertikalen Leiterseilanordnung ausgetauscht. Um den Unterschied zwischen den Mastbildern zu veranschaulichen, werden diese hier in der **Leiterkonfiguration** dargestellt.

Horizontale Leiterseilanordnung:

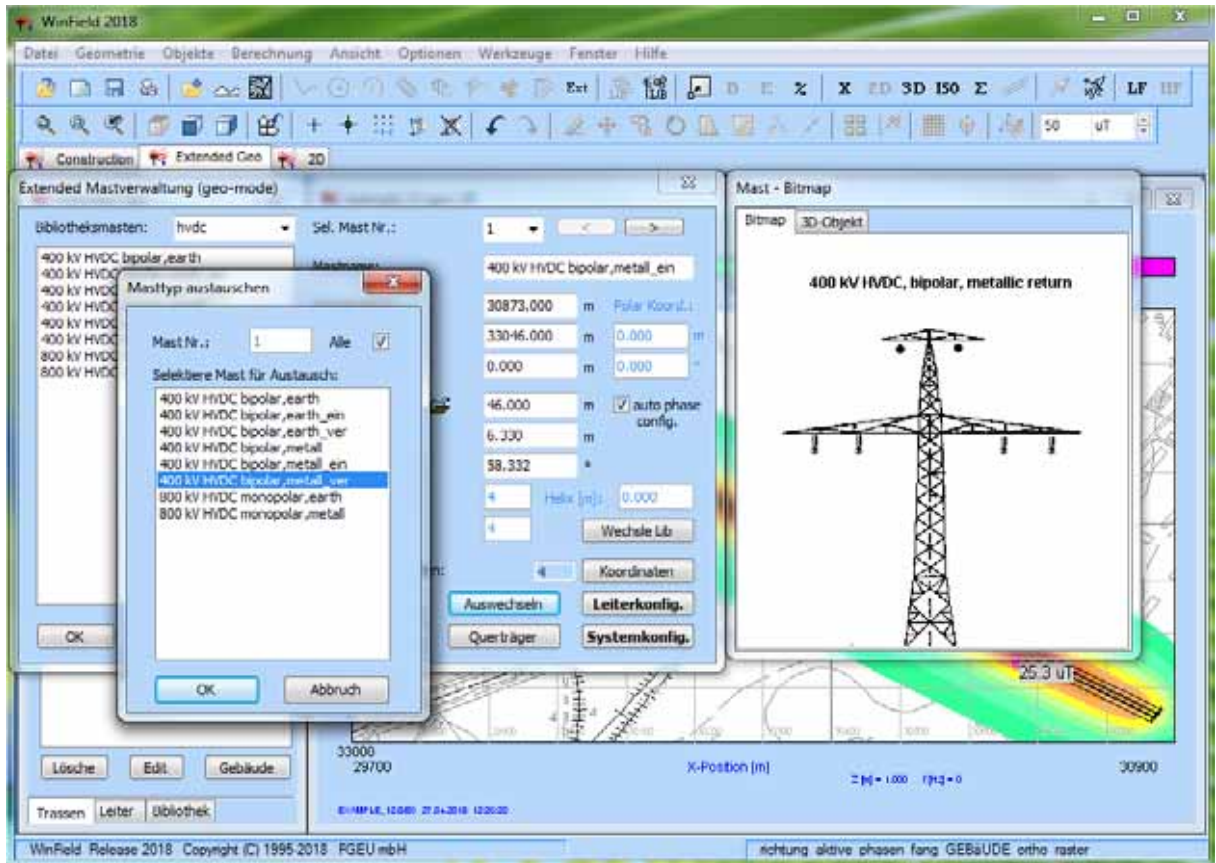


Vertikale Leiterseilanordnung:



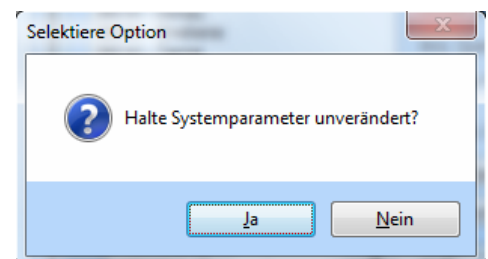
## Optimierung des Mastbildes: Schritt 3

Zum Austauschen der Masten öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Trasse **1T** im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung**.



Selektieren Sie im Drop-down Menü die Bibliothek '**hvdc**'. Wählen Sie über den Schalter **Mast Nr. 1** aus und klicken Sie daraufhin auf **AUSWECHSELN**. Wählen Sie im sich öffnenden **Masttyp austauschen** Dialog, den neuen Mast '**400 kV HVDC bipolar,metall**' aus und setzen Sie anschließend den Checkhaken **ALLE** und bestätigen den Dialog mit **OK**.

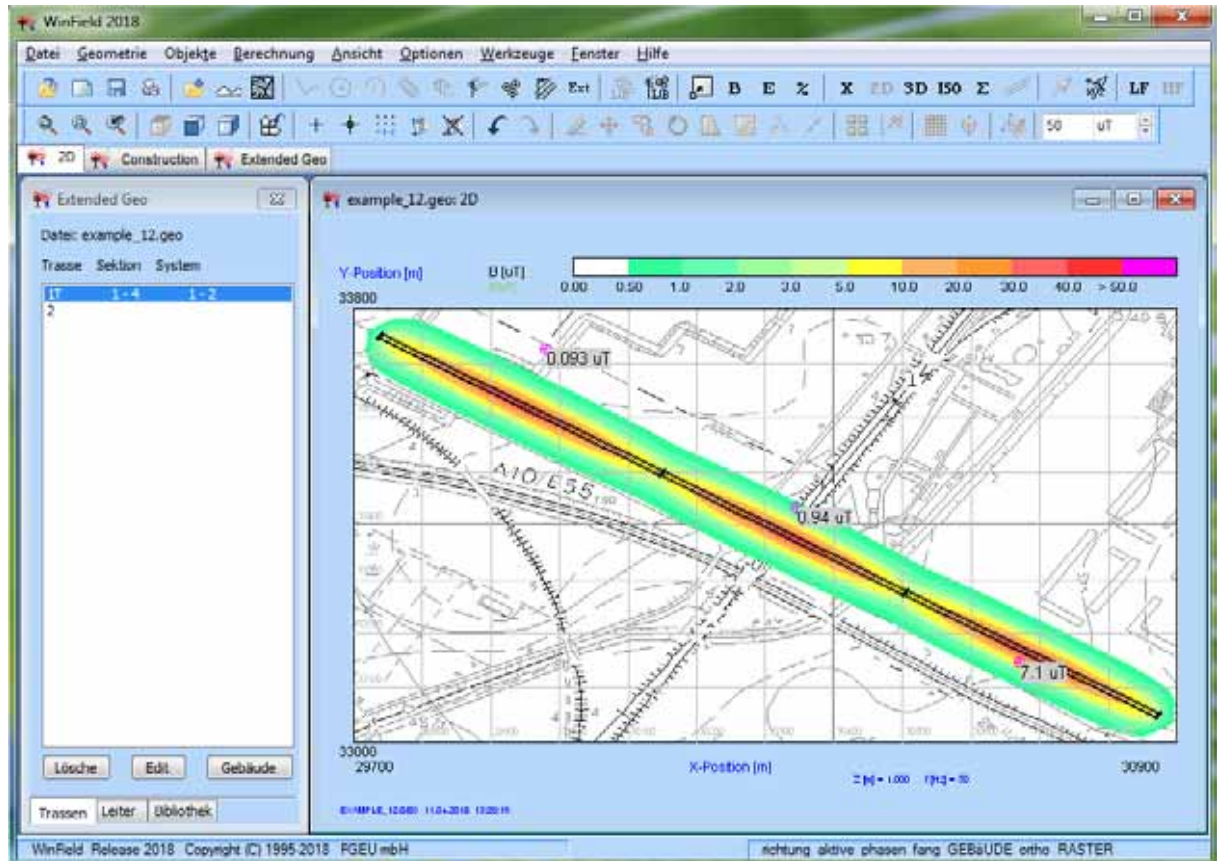
Klicken Sie bei der sich öffnenden Abfrage '**Halte Systemparameter unverändert**' auf **JA** und schließen Sie auch die **Mastverwaltung** mit **OK**. Durch das Beibehalten der Systemparameter bleiben alle elektrischen Parameter konstant und werden nicht überschrieben, während alle geometrischen Parameter angepasst werden.



**Hinweis:** Klicken Sie bei der Abfrage auf **NEIN** werden Ströme, Spannungen, Phasen etc. vom neuen Masttypen übernommen, was in diesem Beispiel nicht beabsichtigt ist.

## Optimierung des Mastbildes: Schritt 4

Nachdem die Masten ausgetauscht wurden, führen Sie mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste per Button  der Toolbar.

ID	X-Position [m]	Y-Position [m]	Z-Position [m]	Magnetic Field Density [uT]
1	29980.000	33725.000	1.000	0.093 uT
2	30345.000	33430.000	1.000	0.944 uT
3	30670.000	33145.000	1.000	7.107 uT

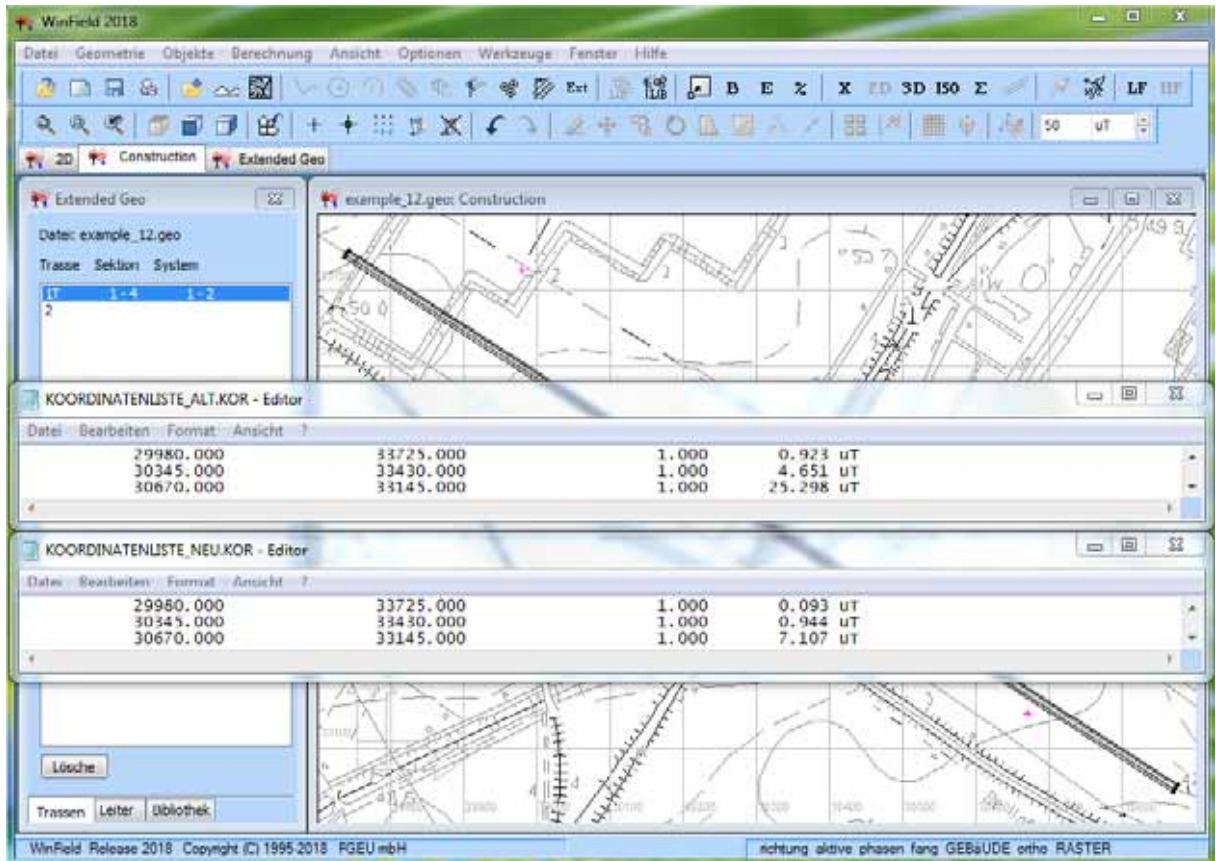
Buttons: OK, Speichern, Laden, Lösche, Lösche alle, Print icon

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'.




## Optimierung des Mastbildes: Schritt 5



Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. An allen drei MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte die magnetische Flussdichte deutlich verringert werden.

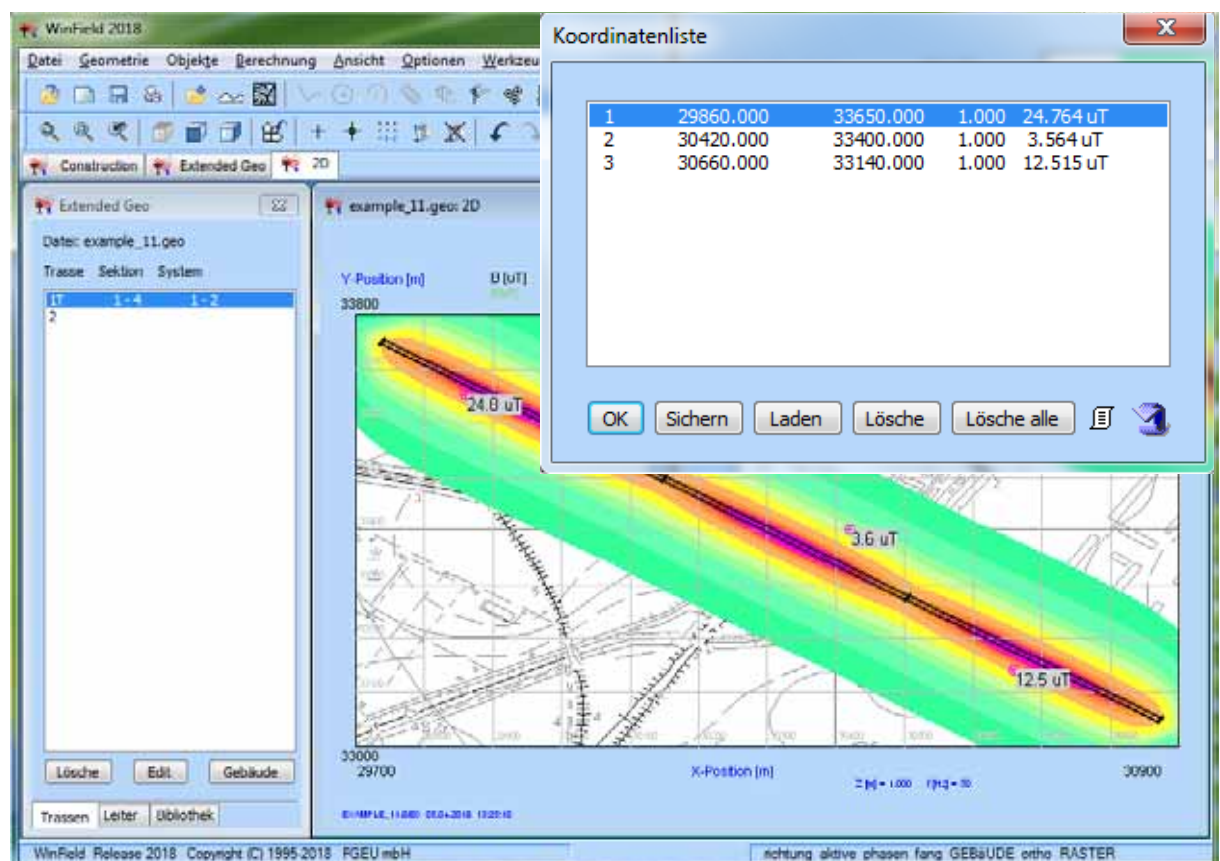


# Optimierung der Polanordnung: Schritt 1

Die Minimierung am MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine veränderte Zuordnung der positiven und negativen Pole der elektrischen Systeme an den Leiterseilen erreicht. Bei einer vorgegebenen Leitergeometrie kann so die Kompensation der elektrischen Feldstärke oder magnetischen Flussdichte verbessert und damit die Immission an MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden.

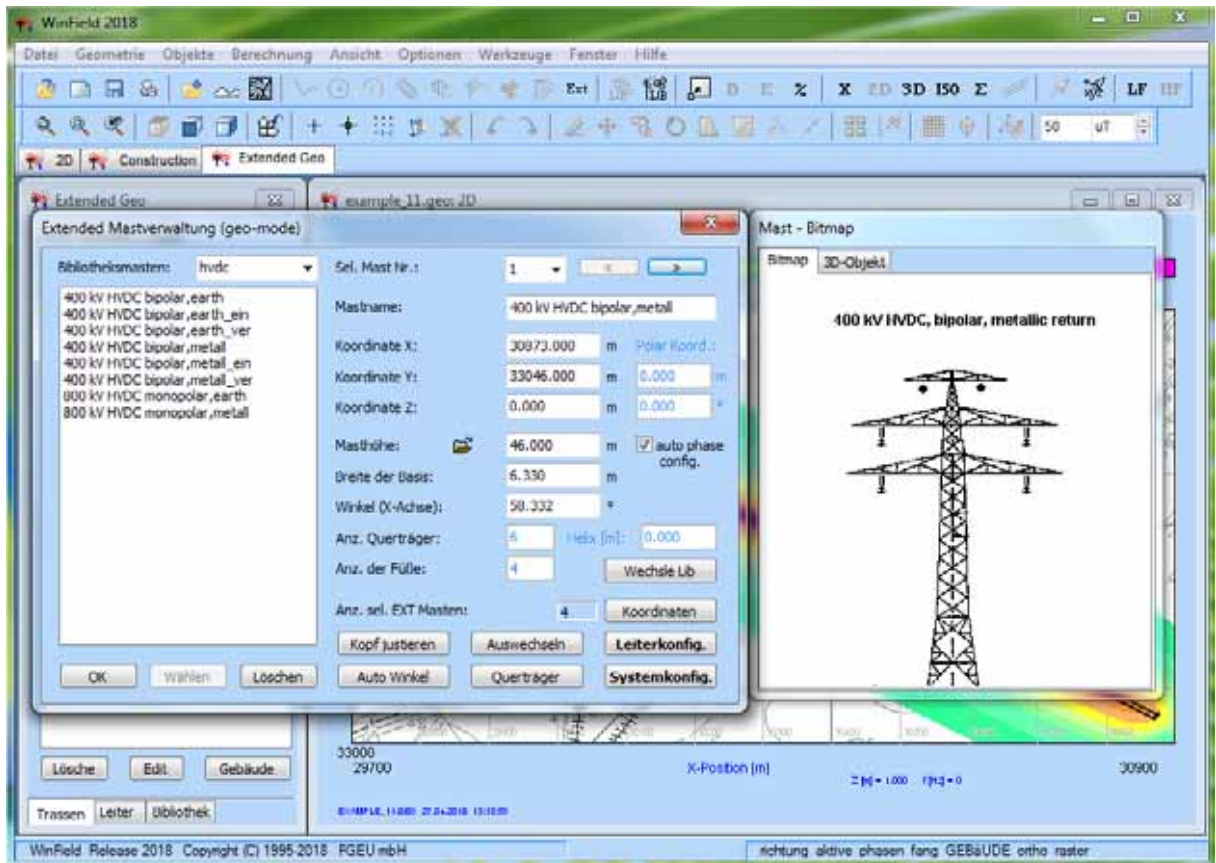
Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 400-kV-HGÜ-Freileitung bestehend aus zwei bipolaren Systemen mit metallischen Neutralleitern. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_11.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MÄßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



## Optimierung der Polanordnung: Schritt 2

Um die Polanordnung zu optimieren wird nun die Zuordnung der Pole manuell verändert. Öffnen Sie dazu mit einem Doppelklick auf die Trasse **1T** im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung**.



Selektieren Sie per Schalter





**Mast Nr. 1** und öffnen Sie **SYSTEMKONFIG.**

## Optimierung der Polanordnung: Schritt 3

In der **Systemkonfiguration** können nun Strom und Spannung der einzelnen Leiterseile angepasst werden. System **Nr. 1** wird als festgelegtes System betrachtet und nicht verändert. Die Ströme und Spannungen von System **Nr. 2** werden dagegen angepasst.

The screenshot shows the 'Systemkonfiguration' window with the following settings:

- System Nr.: 2
- Spannung: -400.000 kV
- Strom: -3150.000 A
- Frequenz: 0.000 Hz
- Al: 435 mm<sup>2</sup>
- St: 55 mm<sup>2</sup>
- Cu: 0 mm<sup>2</sup>
- Leiterradius: 14.440 mm
- Widerstand [Ohm/km]: 0.065
- Anz. der Erdseile: 0
- Anz. der Teilleiter: 4
- Teilleiter Abstand: 0.400 m
- Anz. der Systeme: 2
- sym. checkbox: unchecked
- Erdseil Nr.: 0
- Al: mm<sup>2</sup>
- St: mm<sup>2</sup>
- Cu: mm<sup>2</sup>
- Leiterradius: mm
- Widerstand [Ohm/km]:
- Erbodenwiderstand: ohmm
- Strom: A
- Phase: e
- Phasenleiter Nr.: 2
- Phase: 0.000 e
- Strom: 3150.000 A
- Spannung: 400.000 kV

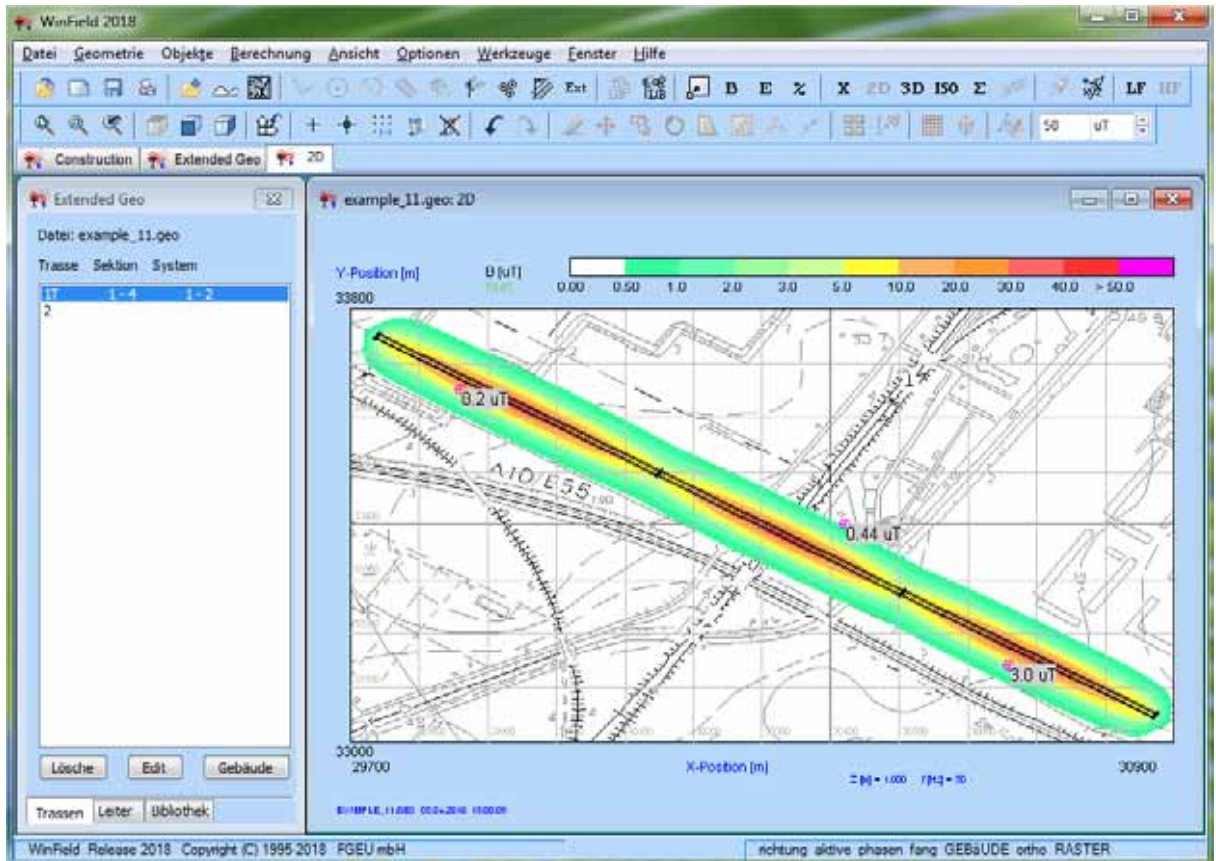
Selektieren Sie per Schalter   System **Nr. 2** und geben rechts unten für Phasenleiter **Nr. 2** einen **Strom** von -3150 A und eine **Spannung** von -400 kV ein. Für Phasenleiter **Nr. 3** geben Sie als **Strom** 3150 A und als **Spannung** 400 kV ein. Schließen Sie die **Systemkonfiguration** und die **Mastverwaltung** mittels **OK**.


**Hinweis:** Um die Strom- und Spannungswerte der Phasenleiter einzeln editieren zu können darf der Checkhaken **SYM**. unten rechts im linken Eingabefeld in der **Systemkonfiguration** nicht gesetzt sein.



## Optimierung der Polanordnung: Schritt 4


Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mittels des Buttons  der Toolbar.

Koordinatenliste

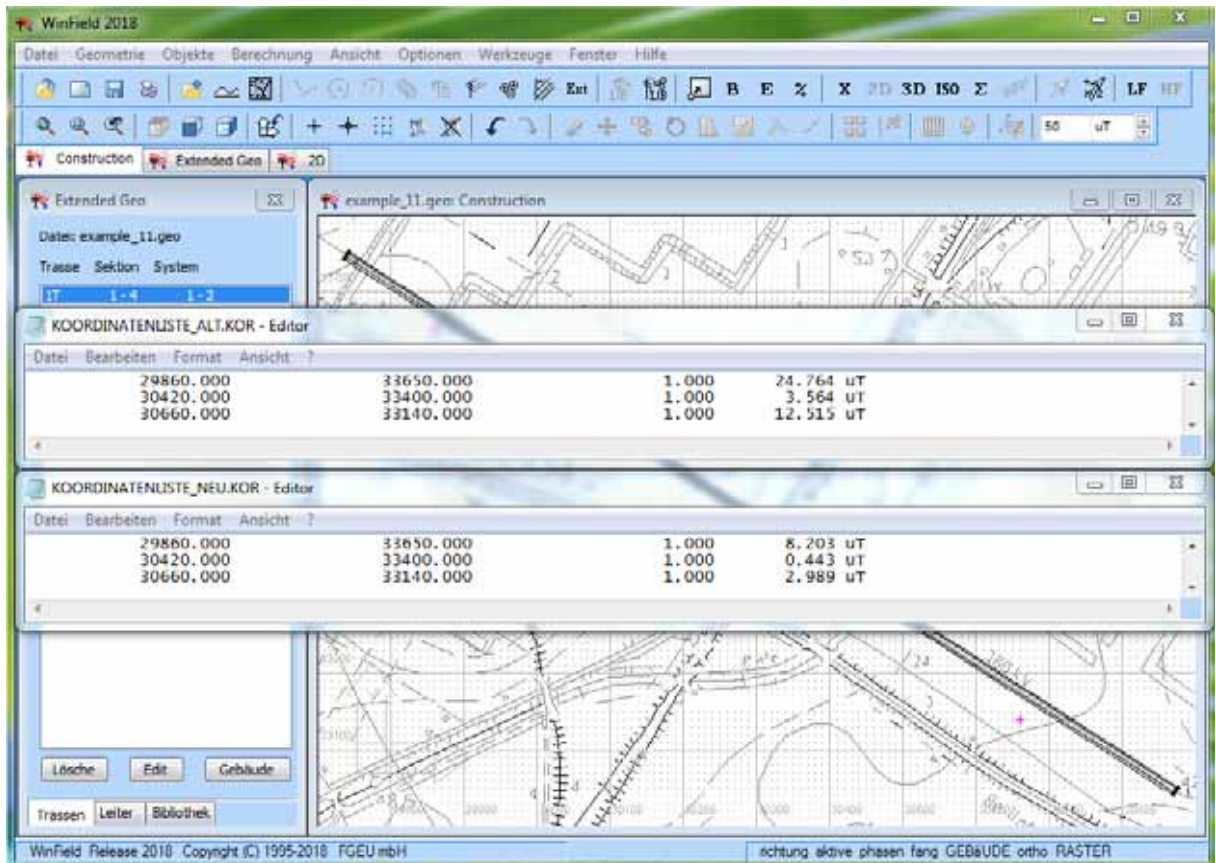
1	29860.000	33650.000	1.000	8.203 uT
2	30420.000	33400.000	1.000	0.443 uT
3	30660.000	33140.000	1.000	2.989 uT

OK    **Sichern**    Laden    Lösche    Lösche alle    

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

## Optimierung der Polanordnung: Schritt 5

Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. Es ist eine deutliche Verringerung der Immission an allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSRORTEN zu erkennen.






# KAPITEL 4 - HGÜ-ERDKABEL

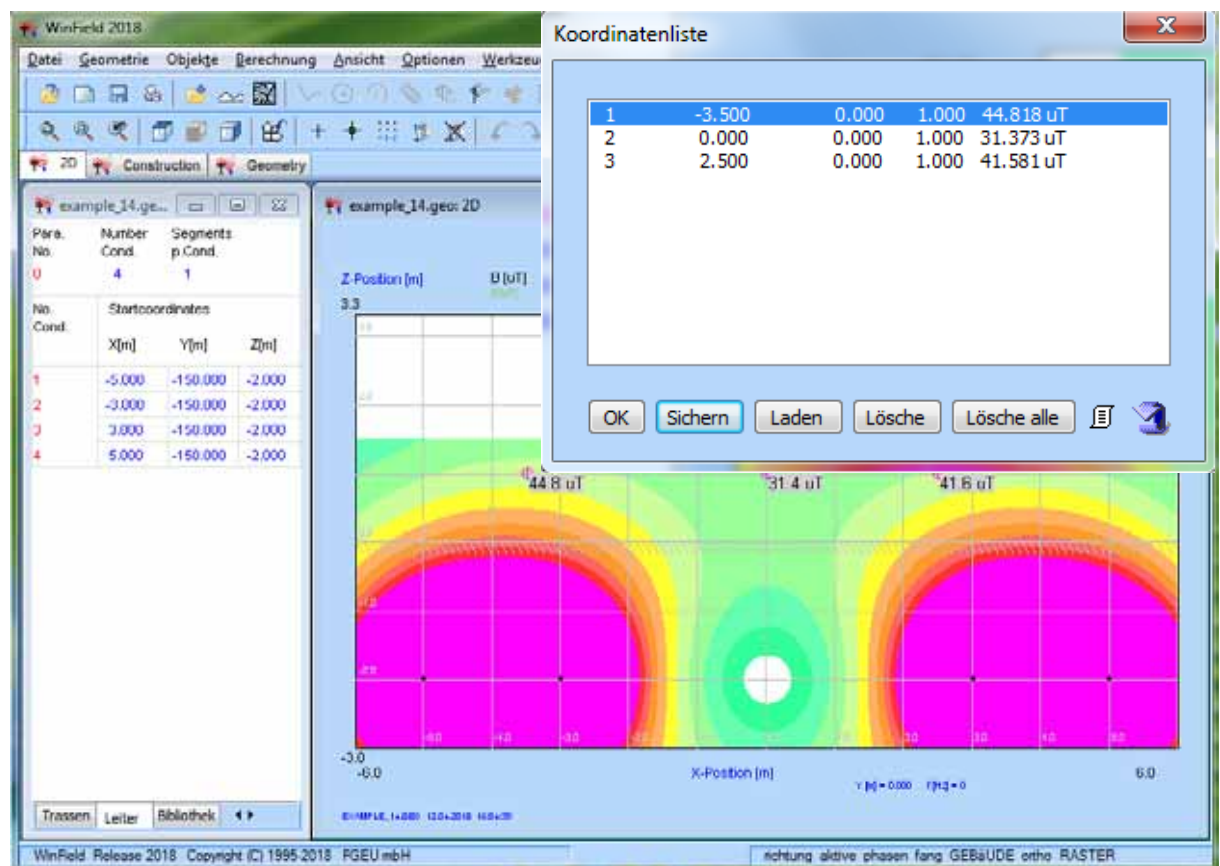
Minimierung der Kabelabstände .....	113
Optimierung der Polanordnung .....	117
Optimierung der Verlegetiefe.....	121

# Minimierung der Kabelabstände: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch ein Verringern der Abstände zwischen den einzelnen Kabeln und somit durch eine verbesserte Kompensation der magnetischen Flussdichte erreicht.

Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel zweier bipolarer 400-kV-HGÜ-Erdkabelsysteme. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_14.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

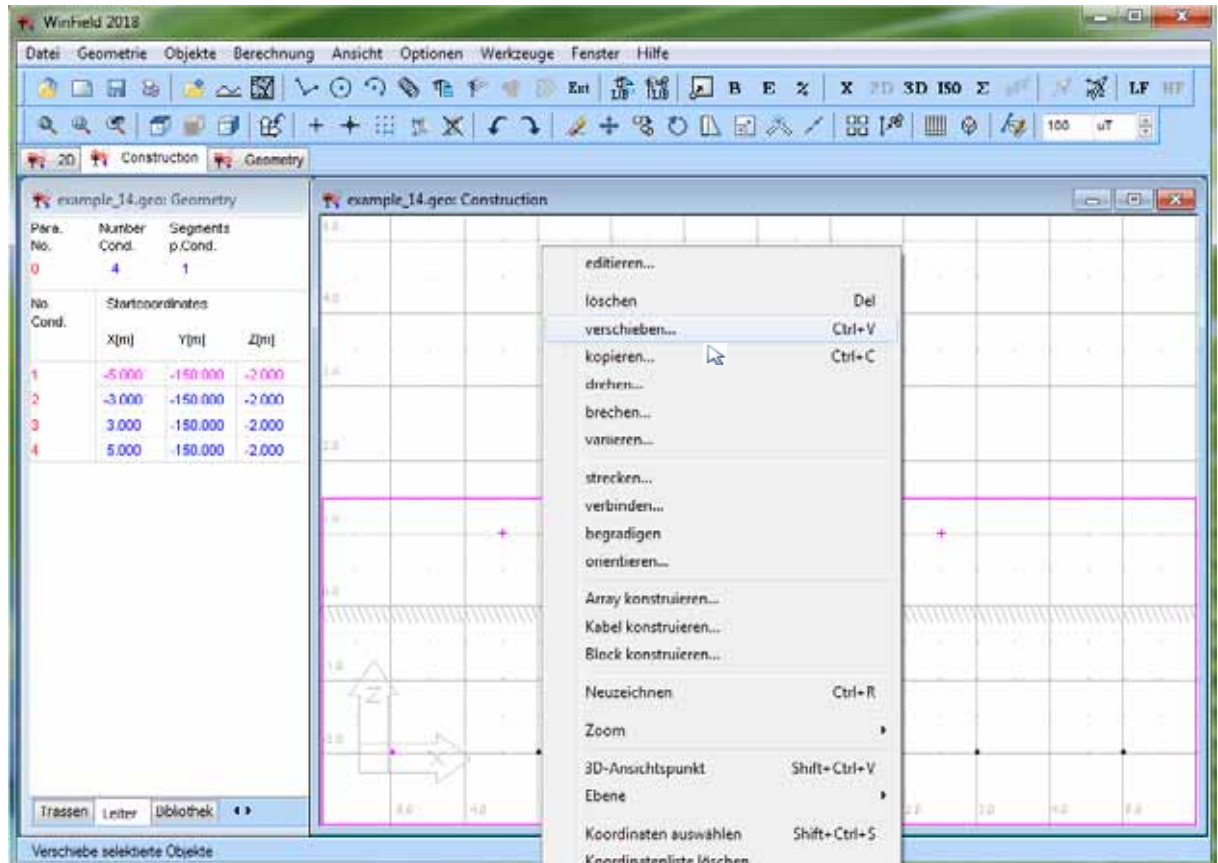
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



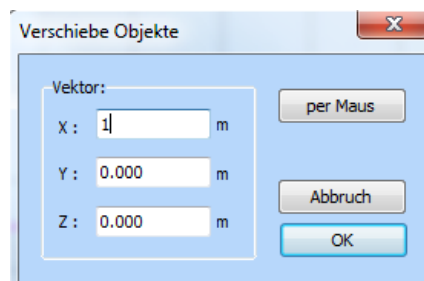


## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 2

Zum Minimieren der Kabelabstände wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster**. Selektieren Sie den linken äußeren Leiter durch Aufziehen eines Rahmens per Maus. Klicken mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche im **Konstruktionsfenster** und wählen Sie im **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **VERSCHIEBEN...** aus.



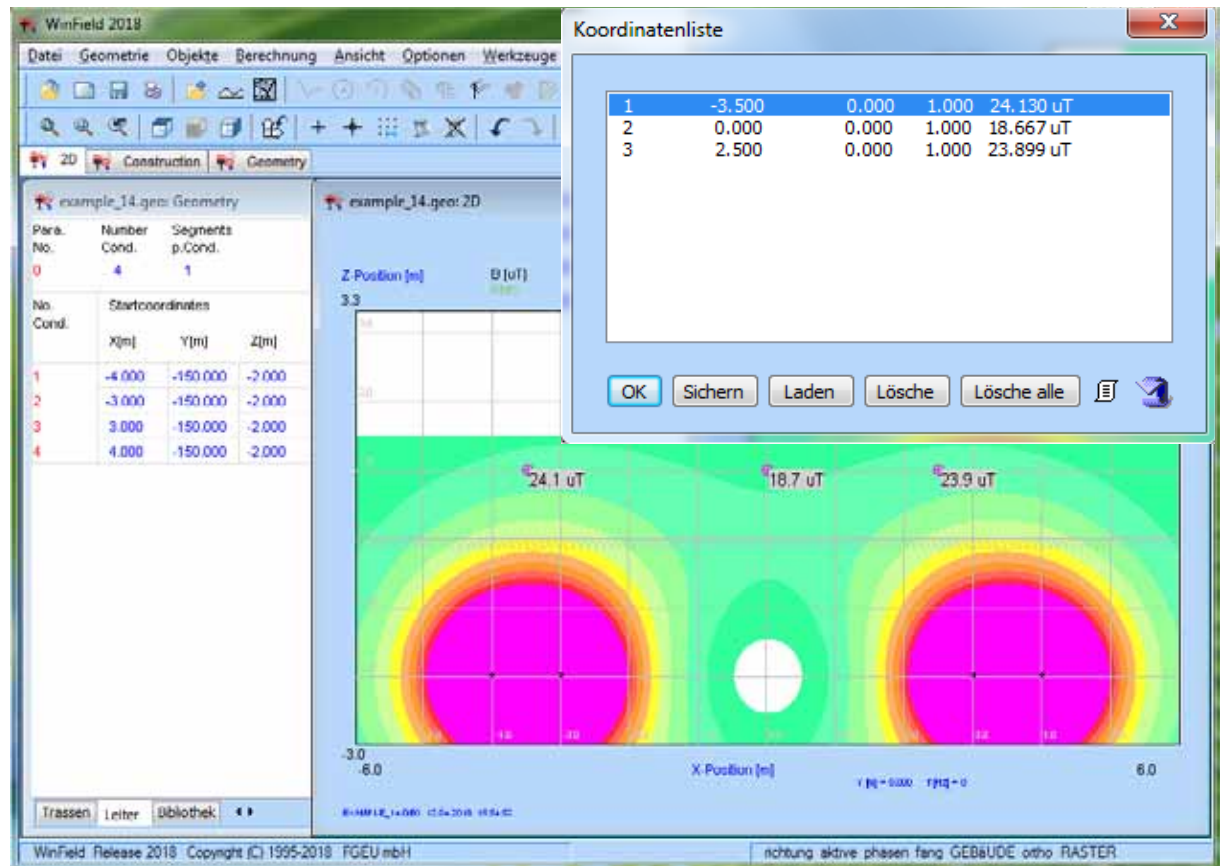
Geben Sie im Dialog **Verschiebe Objekte** für die X-Komponente eine Verschiebung von 1 m ein und schließen den Dialog mittels **OK**.



Verfahren Sie analog mit dem rechten äußeren Leiter und verschieben diesen um -1 m in X-Richtung.

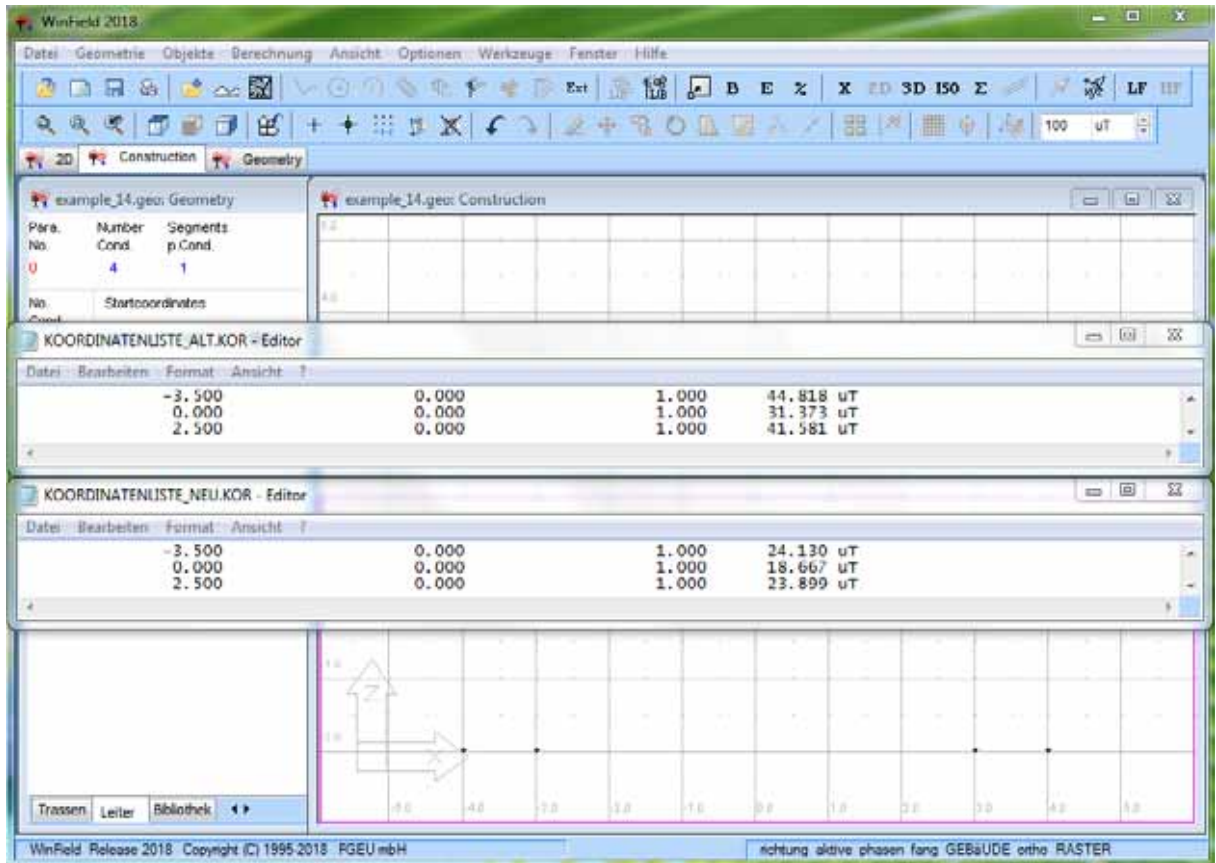
## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 3

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch und öffnen Sie die Koordinatenliste. Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.




## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 4



Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine deutliche Verringerung der Immission an allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu erkennen.

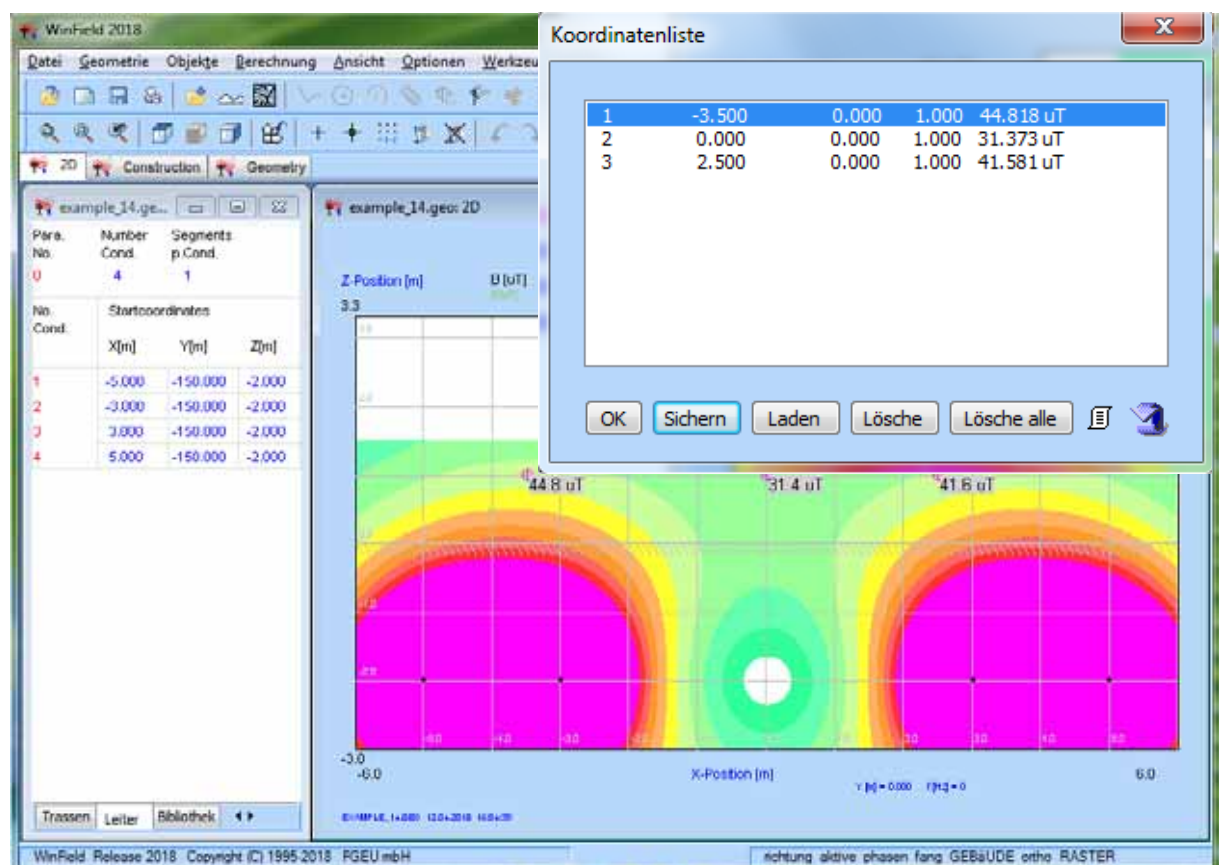


# Optimierung der Polanordnung: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine veränderte Zuordnung der positiven und negativen Pole der elektrischen Systeme an den Kabeln erreicht. Bei einer vorgegebenen Leitergeometrie kann so die Kompensation der magnetischen Flussdichte verbessert und damit die Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden.

Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel zweier bipolarer 400-kV-HGÜ-Erdkabelsysteme. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_14.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

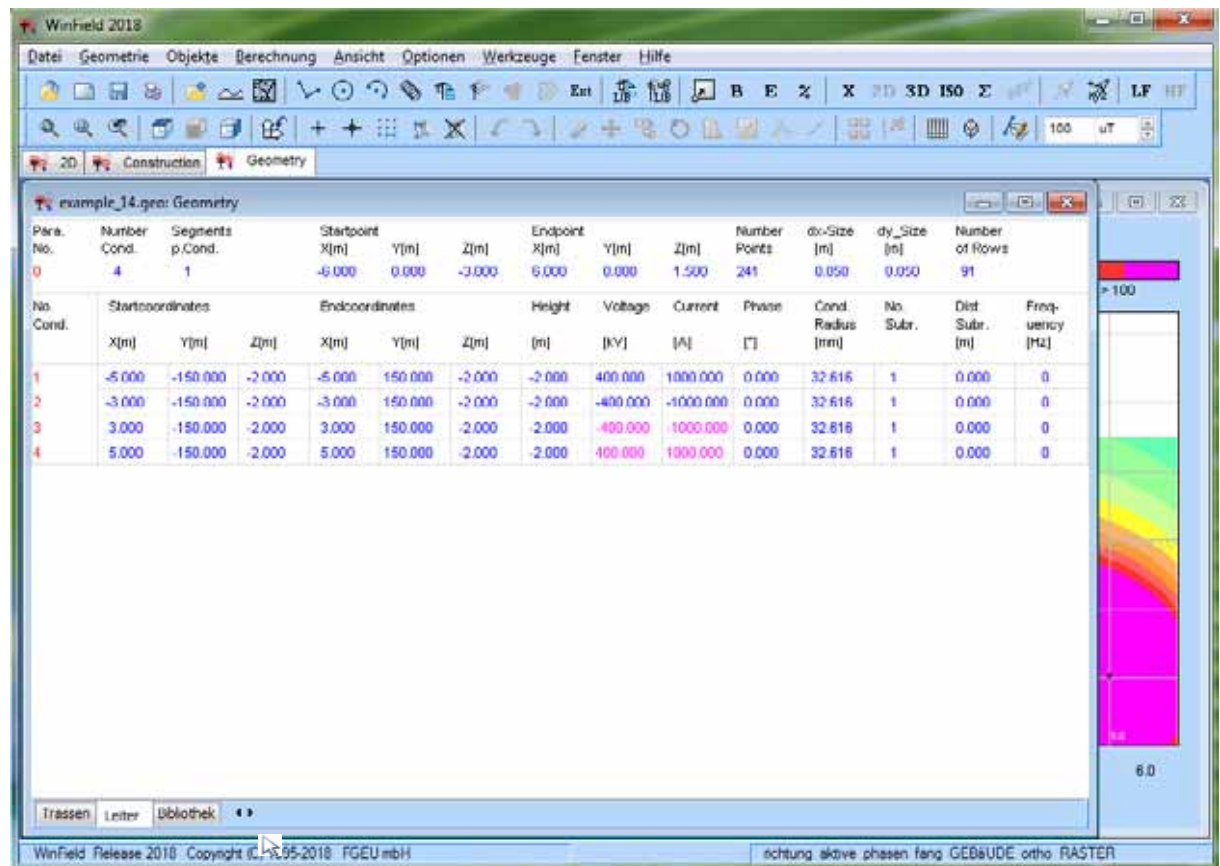
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



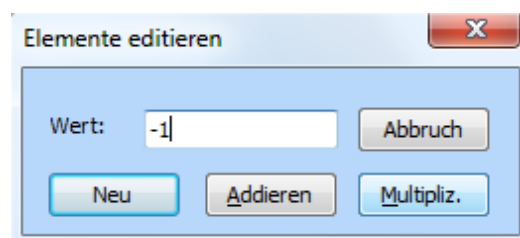


## Optimierung der Polanordnung: Schritt 2

Klicken Sie auf den Reiter **GEOMETRY** um das **Geometriefenster** zu aktivieren. Drücken Sie auf den Pfeil nach rechts (siehe Mauszeiger) um das Fenster zu vergrößern. Selektieren Sie durch Klicken auf die entsprechenden Felder die in der folgenden Abbildung selektierten Ströme und Spannungen.

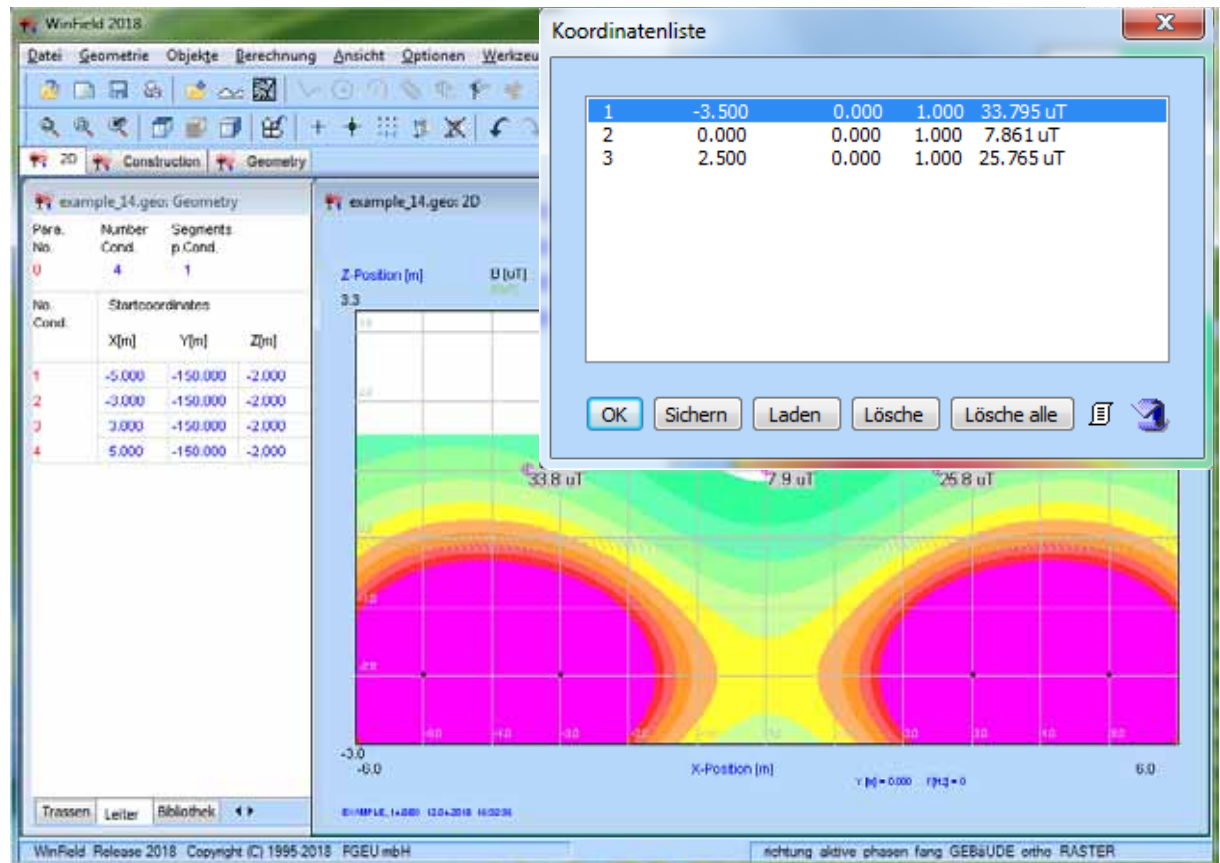


Klicken Sie nun mit der rechten Maustaste auf eine freie Fläche im **Geometriefenster** um den **Elemente editieren** Dialog zu öffnen. Geben Sie in das Feld eine **-1** ein und klicken auf **MULTIPLIZ**. Dadurch werden die selektierten Ströme und Spannungen invertiert und somit die Polzuordnung des zweiten Systems vertauscht.



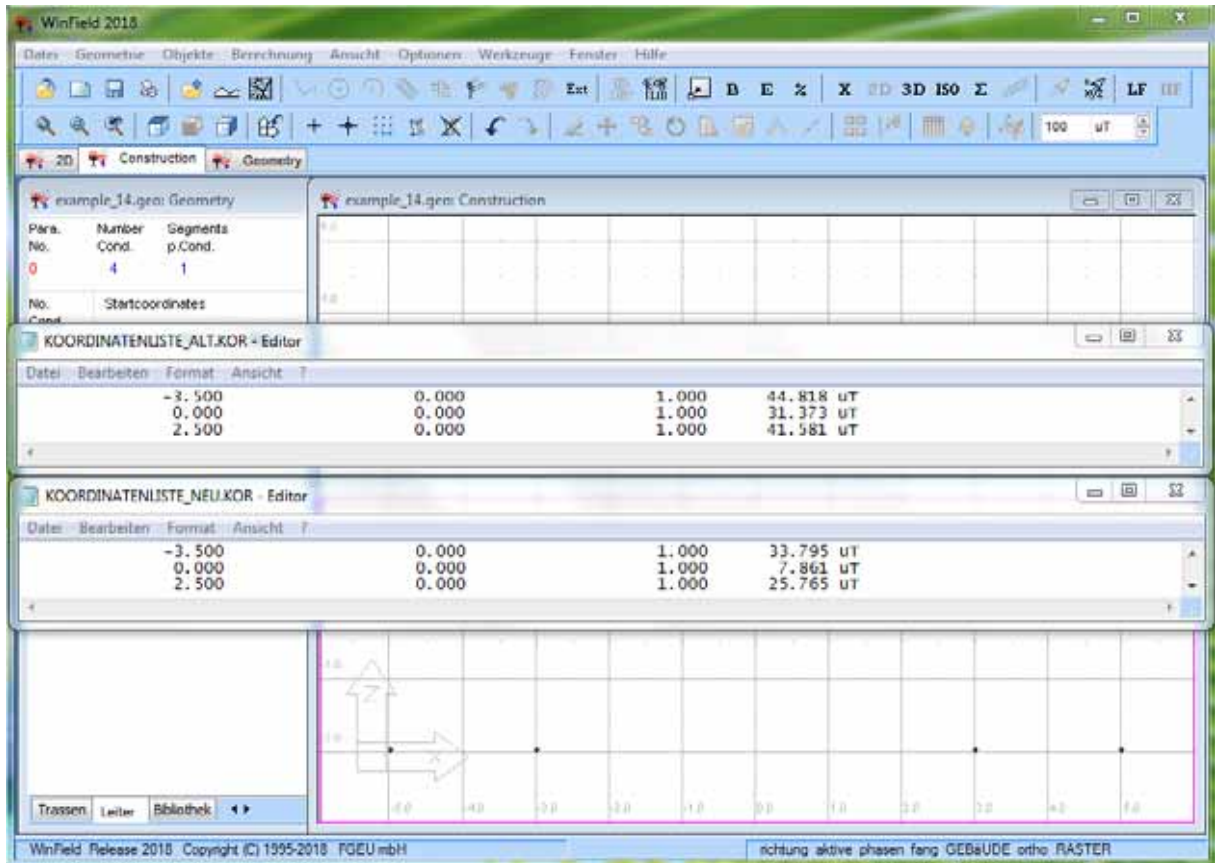
## Optimierung der Polanordnung: Schritt 3

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch und öffnen Sie die Koordinatenliste. Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.




## Optimierung der Polanordnung: Schritt 4



Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine deutliche Verringerung der Immission an allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu erkennen.

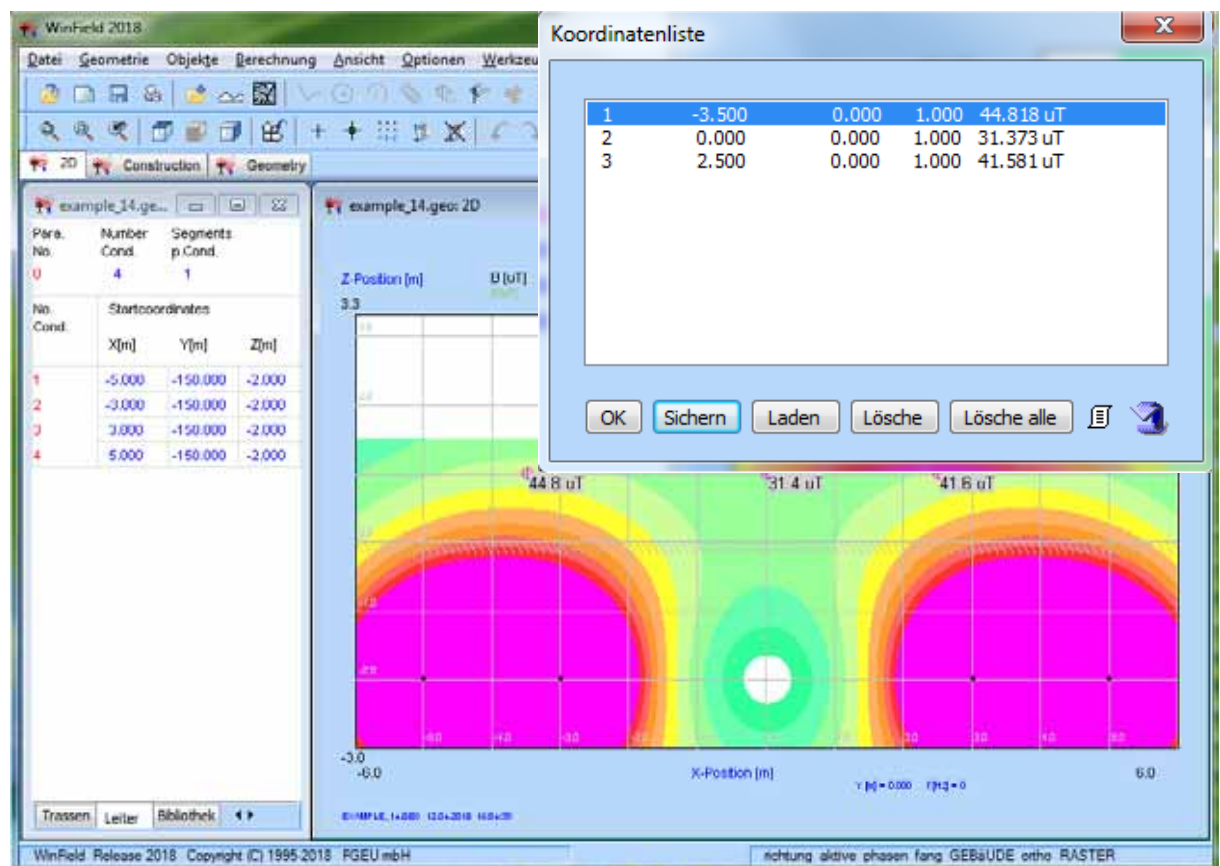


# Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 1

Die Minimierung am MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGORT wird hier durch die Vergrößerung des Abstandes zwischen Kabel und MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGORT erreicht.

Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel zweier bipolarer 400-kV-HGÜ-Erdkabelsysteme. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_14.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

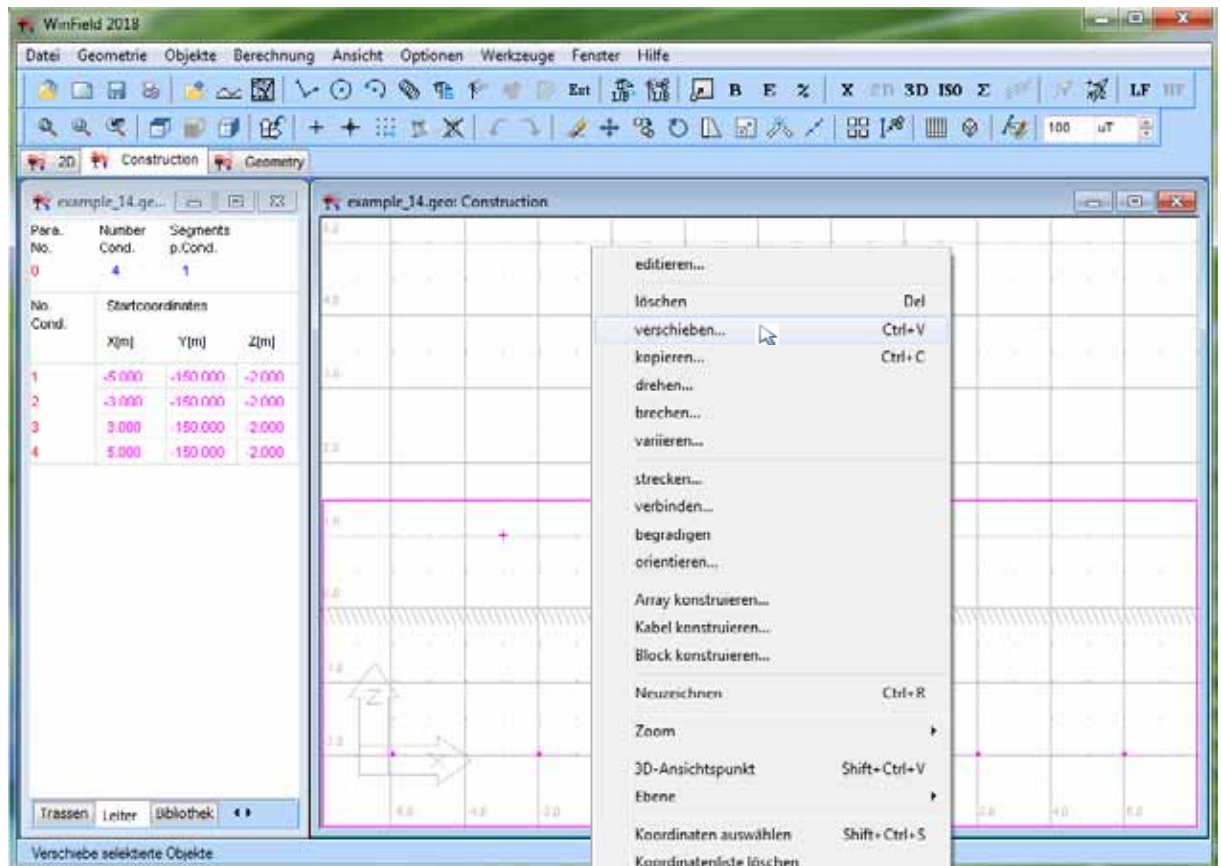
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MÄßGEBLICHE MINIMIERUNGORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



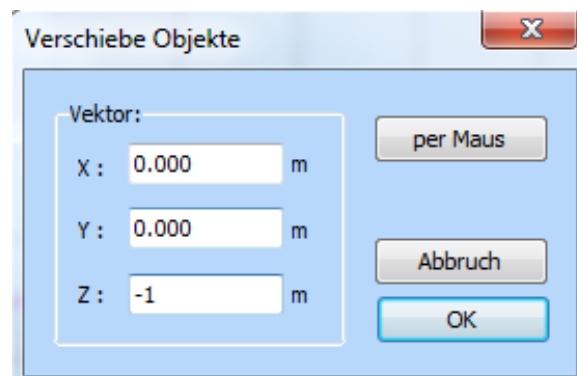


## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 2

Um den Abstand zu den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu vergrößern, werden die Kabel um 1 m nach unten verschoben. Wechseln Sie dazu in das **Konstruktionsfenster** und selektieren Sie alle Leiter durch Aufziehen eines Rahmens. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche im **Konstruktionsfenster** und wählen Sie im **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **VERSCHIEBEN...** aus.

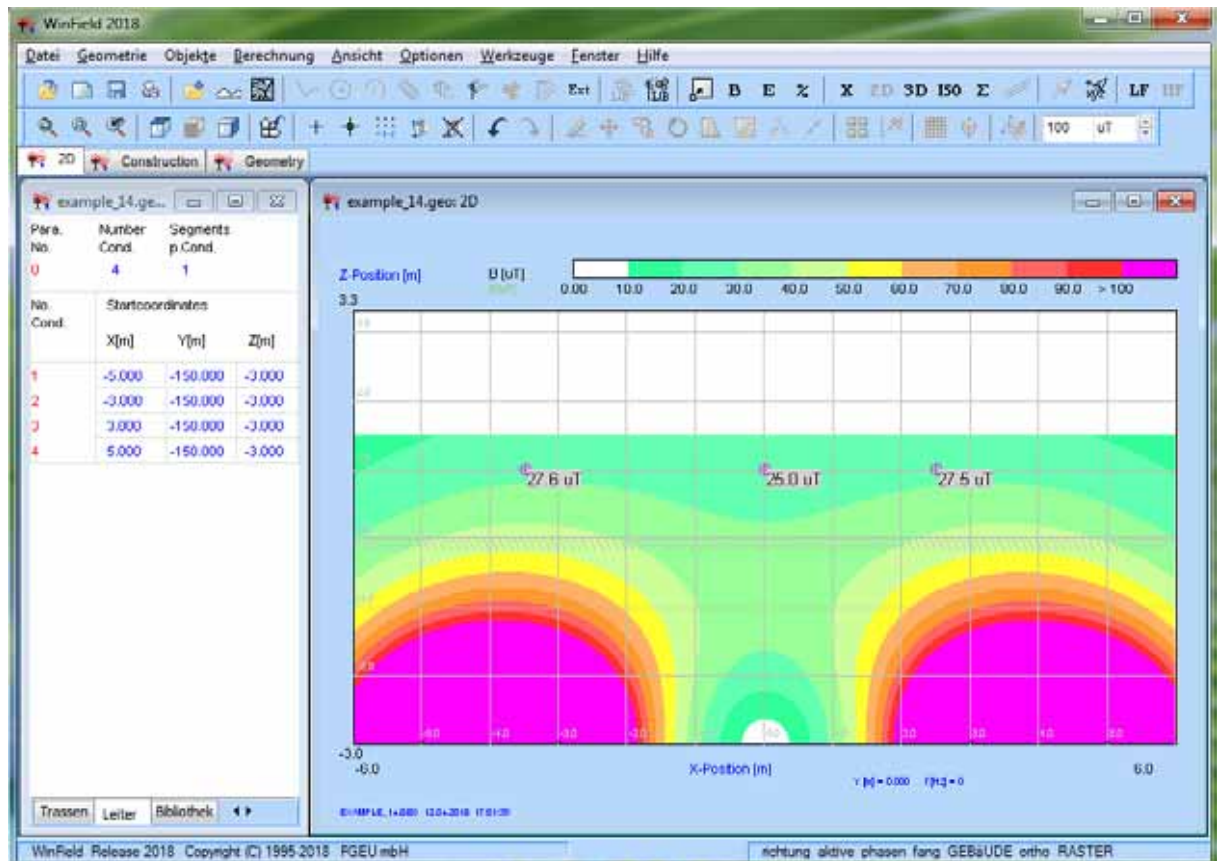


Es öffnet sich der folgende **Verschiebe Objekte** Dialog. Geben Sie eine Verschiebung in Z-Richtung um -1 m ein und schließen den Dialog mittels **OK**.



## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 3

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mit dem Button  der Toolbar.

The screenshot shows the 'Koordinatenliste' dialog box. It contains a table with 5 columns: an index, and four coordinate/field values. The values are as follows:

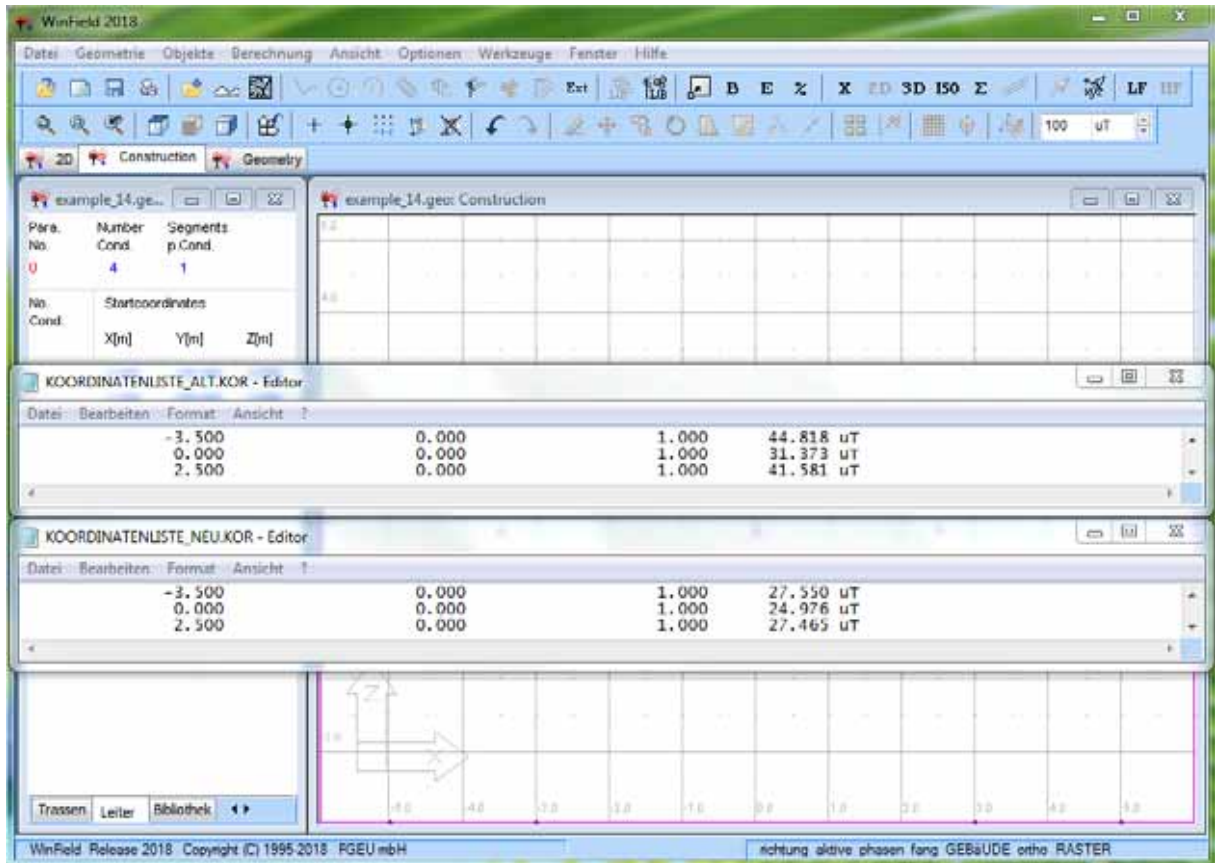
Index	X [m]	Y [m]	Z [m]	B [uT]
1	-3.500	0.000	1.000	27.550 uT
2	0.000	0.000	1.000	24.976 uT
3	2.500	0.000	1.000	27.465 uT

At the bottom of the dialog box, there are buttons: OK, Speichern, Laden, Lösche, Lösche alle, and a list icon.

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 4

Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine Verringerung der Immission an den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN zu erkennen.



# KAPITEL 5 - BAHNSTROMFREILEITUNGEN

Abstandsoptimierung.....	126
Elektrische Schirmung.....	127
Minimierung der Leiterseilabstände.....	136
Optimierung des Mastbildes .....	144
Optimierung der Leiteranordnung.....	152



# Abstandsoptimierung

Die Vorgehensweise bei der Abstandsoptimierung mit den drei genannten Fällen

**Abstandsoptimierung – a) Erhöhung des Bodenabstandes**

**Abstandsoptimierung – b) Versetzen eines Systems**


**Abstandsoptimierung – c) Verringerung der Spannfeldlänge**



unterscheidet sich nicht von der Vorgehensweise bei Drehstrom-Freileitungen. Aus diesem Grund werden die einzelnen Schritte hier nicht erneut aufgeführt. Zur Abstandsoptimierung einer Bahnstromfreileitung folgen Sie den Anweisungen im Kapitel **Freileitungen** und wenden Sie diese auf Ihre Bahnstromfreileitung an.

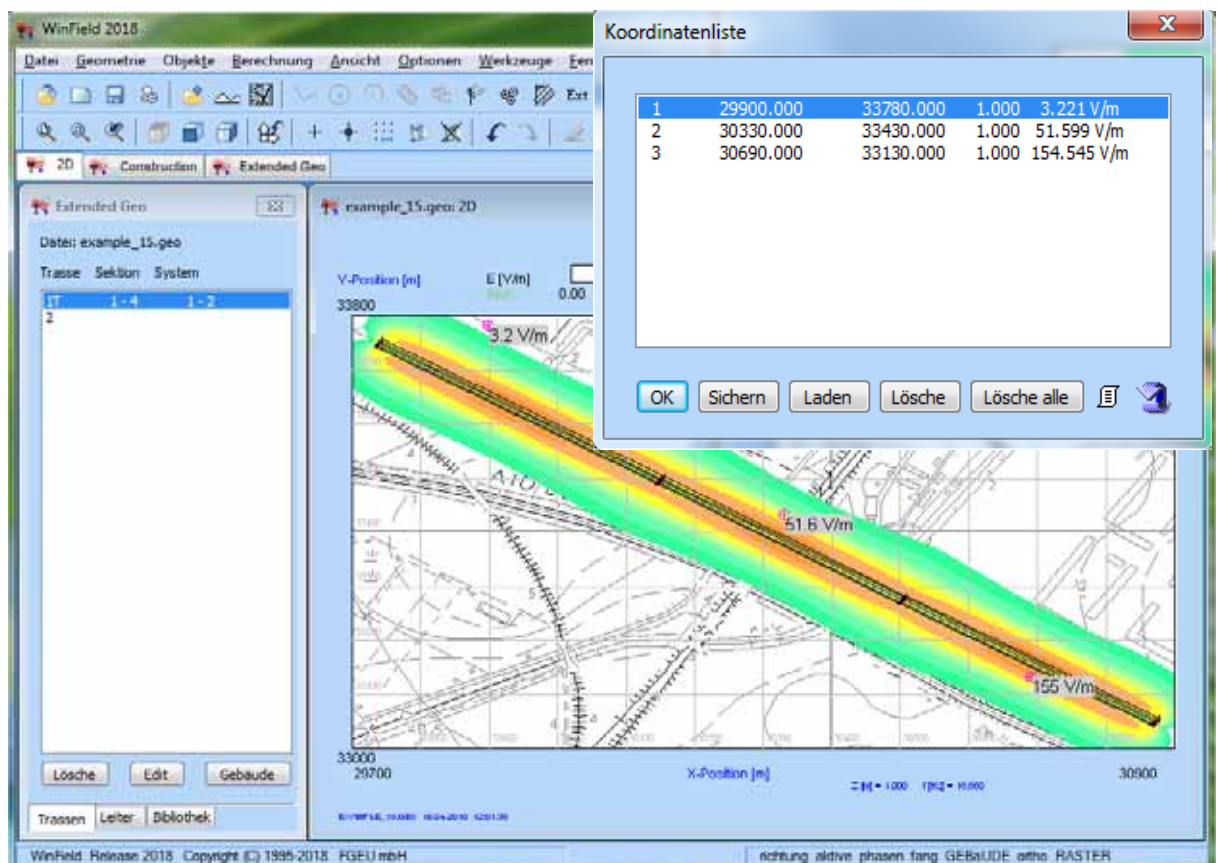
# Elektrische Schirmung: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch die Kompensationswirkung von Erdseilen oberhalb, innerhalb oder unterhalb der Leitersysteme erreicht.

In diesem Beispiel werden zwei zusätzliche Erdseile seitlich der beiden Systeme an den Masten angebracht.


Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 110-kV-Bahnstromfreileitung bestehend aus Einebene-Masten mit zwei Systemen und einem Erdseil. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_15.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

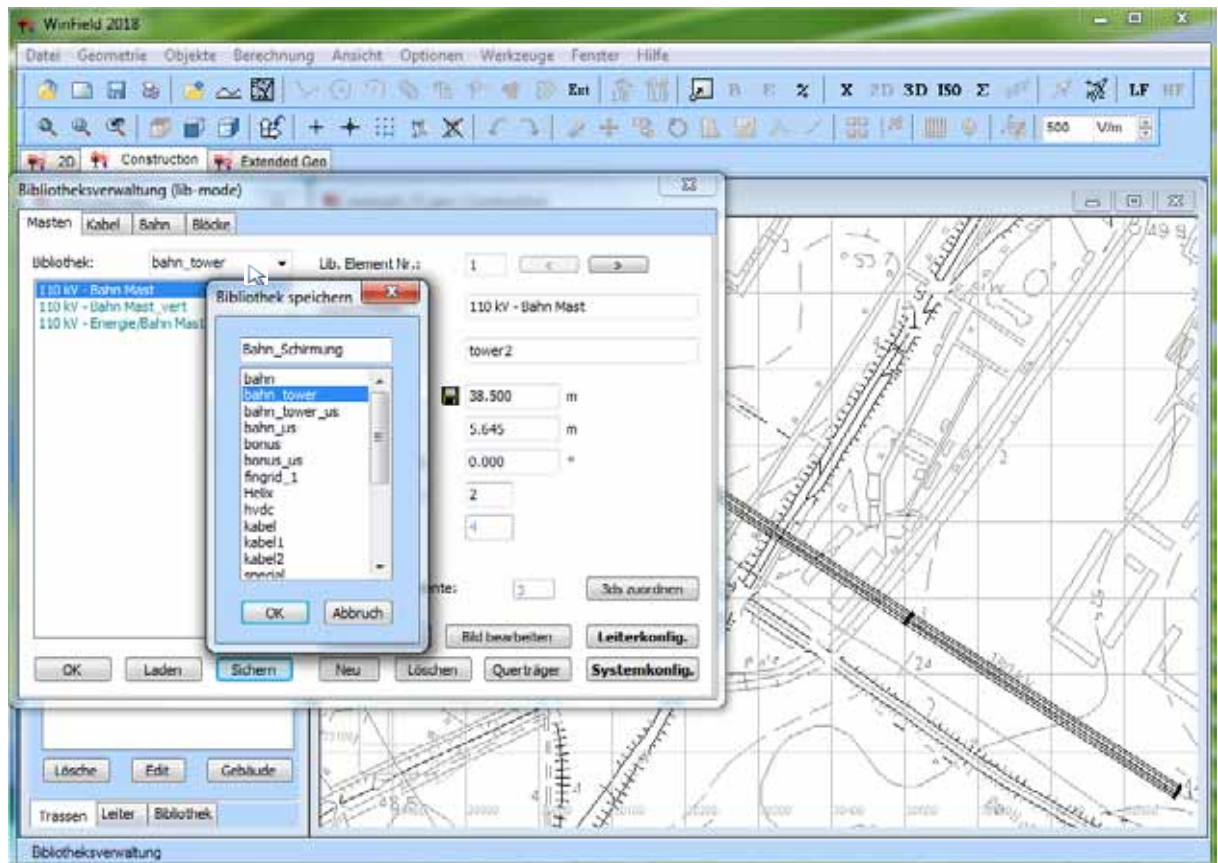
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'. Leeren Sie daraufhin die Koordinatenliste per Schalter **LÖSCHE ALLE**.



## Elektrische Schirmung: Schritt 2

Zum Einfügen von mehreren neuen Erdseilen müssen die bestehenden Masten kopiert, bearbeitet und wieder eingefügt werden.

Öffnen Sie dazu die **Bibliotheksverwaltung** mit dem Button  der Toolbar. Wählen Sie im Drop-down Menü '**Bahn\_Tower**' aus (siehe Mauszeiger) und klicken Sie auf **SICHERN** um eine neue Bibliothek zu erstellen. Im Dialog **Bibliothek speichern** geben Sie in der obersten Zeile den neuen Namen '**Bahn\_Schirmung**' ein.



Bestätigen Sie den Dialog mittels **OK**. Selektieren Sie den Mast '**110 kV - Bahn Mast**' und klicken auf **NEU**. Dadurch entsteht eine Kopie des originalen Masten mit den gleichen Eigenschaften und dem Namen '**110 kV - Bahn Mast\_T4**'. Diese Kopie des Masten ist ein exaktes Duplikat, sodass immer auf den originalen Mast zurückgegriffen werden kann.



## Elektrische Schirmung: Schritt 3

Dieser Mast wird nun bearbeitet. Klicken Sie auf **SYSTEMKONFIG.** und tragen in der sich öffnenden **Systemkonfiguration** in das Feld **Anzahl der Erdseile** eine **3** ein und schließen diese mittels **OK**.

System Nr.: 1		Erdseil Nr.: 1	
Spannung:	95.263 kV	Al:	40 mm <sup>2</sup>
Strom:	740.000 A	St:	170 mm <sup>2</sup>
Frequenz:	16.660 Hz	Cu:	0 mm <sup>2</sup>
Al:	300 mm <sup>2</sup>	Leiterradius:	9.453 mm
St:	50 mm <sup>2</sup>	Widerstand [Ohm/km]:	0.374
Cu:	0 mm <sup>2</sup>	Erbodenwiderstand:	50.000 ohmm
Leiterradius:	12.204 mm	Strom:	7.253 A
Widerstand [Ohm/km]:	0.094	Phase:	135.968 °
Anz. der Erdseile:	3	Phasenleiter Nr.: 1	
Anz. der Teileiter:	1	Phase:	0.000 °
Teileiter Abstand:	0.000 m	Strom:	0.000 A
Anz. der Systeme:	2	Spannung:	0.000 kV

Die zwei neuen Erdseile liegen zunächst auf der Koordinate (0,0) und müssen positioniert werden. Öffnen Sie hierzu die **LEITERKONFIG.** In dieser geben Sie die folgenden Werte für die Erdseile ein (rechts oben im linken Bild die Werte für Erdseil **Nr. 2**, rechts oben im rechten Bild die Werte für Erdseil **Nr. 3**) und schließen daraufhin die **Leiterkonfiguration** mittels **OK**.

Leiterkonfiguration (links)		Leiterkonfiguration (rechts)	
System Nr.: 1	Erdseil Nr.: 2	System Nr.: 1	Erdseil Nr.: 3
Höhe am Masten:	25.000 m	Höhe am Masten:	25.000 m
Abstand Trassenachse:	-13.000 m	Abstand Trassenachse:	13.000 m
Höhe in Feldmitte:	15.000 m	Höhe in Feldmitte:	15.000 m
Phasenleiter Nr.: 2	Phasenleiter Nr.: 2	Phasenleiter Nr.: 2	Phasenleiter Nr.: 2
Höhe am Masten:	26.400 m	Höhe am Masten:	26.400 m
Abstand Trassenachse:	-8.600 m	Abstand Trassenachse:	-8.600 m
Höhe in Feldmitte:	16.400 m	Höhe in Feldmitte:	16.400 m

Schließen Sie anschließend auch die **Bibliotheksverwaltung** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

**Hinweis:** Damit der Mast in sich konsistent ist, sind zusätzlich noch die Querträger nach links und rechts um 4.4 m zu verlängern (wie in den Abbildungen dargestellt). Diese Anpassung lässt sich einfach im **Querträger bearbeiten** Dialog durchführen.

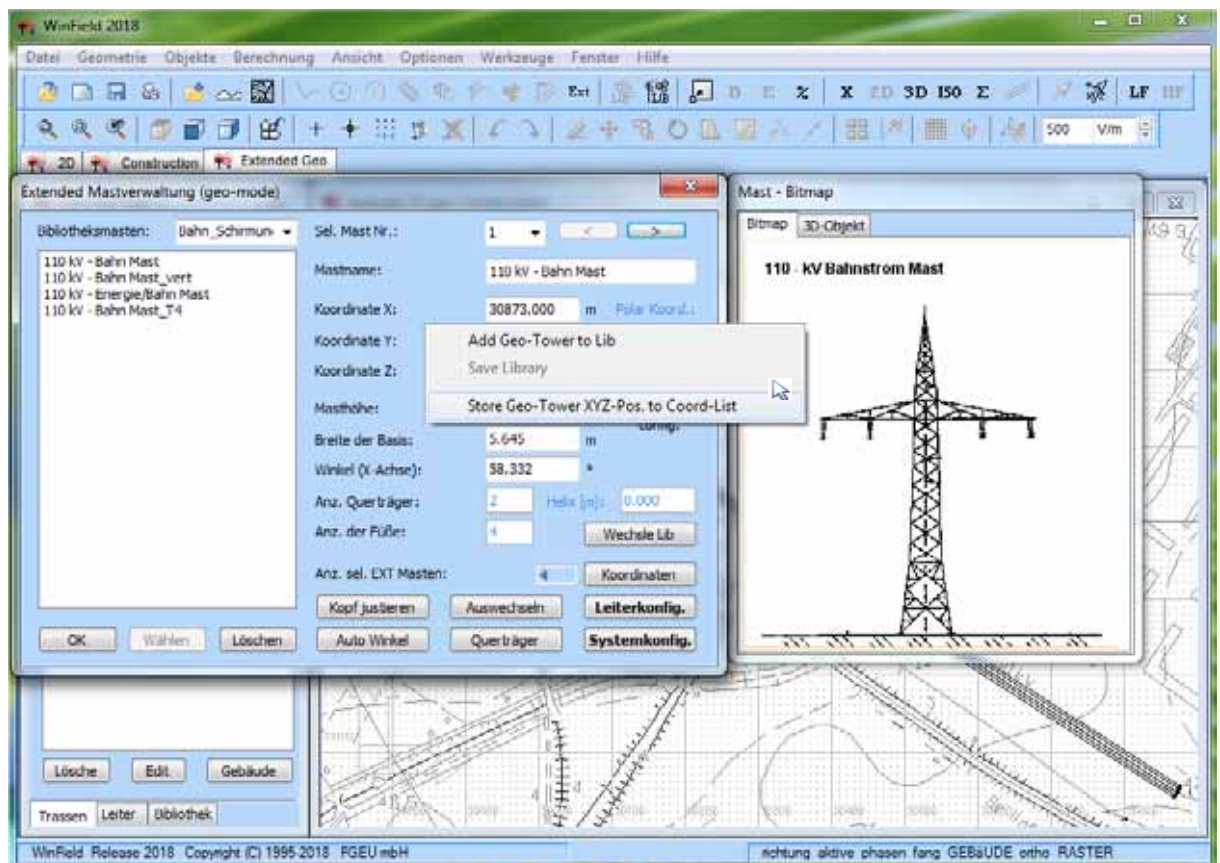


## Elektrische Schirmung: Schritt 4

Die bestehenden Masten sollen nun durch die neuen Masten mit mehreren Erdseilen ersetzt werden, wozu die Positionen der Masten zu extrahieren sind.

Öffnen Sie dazu die **Mastverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1T) im **Trasseneditor**. Wählen Sie nun in der **Mastverwaltung** den **Mast Nr. 1** aus.

Klicken Sie daraufhin in der **Mastverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und selektieren Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **STORE GEO-TOWER XYZ-POS. TO COORD-LIST**.

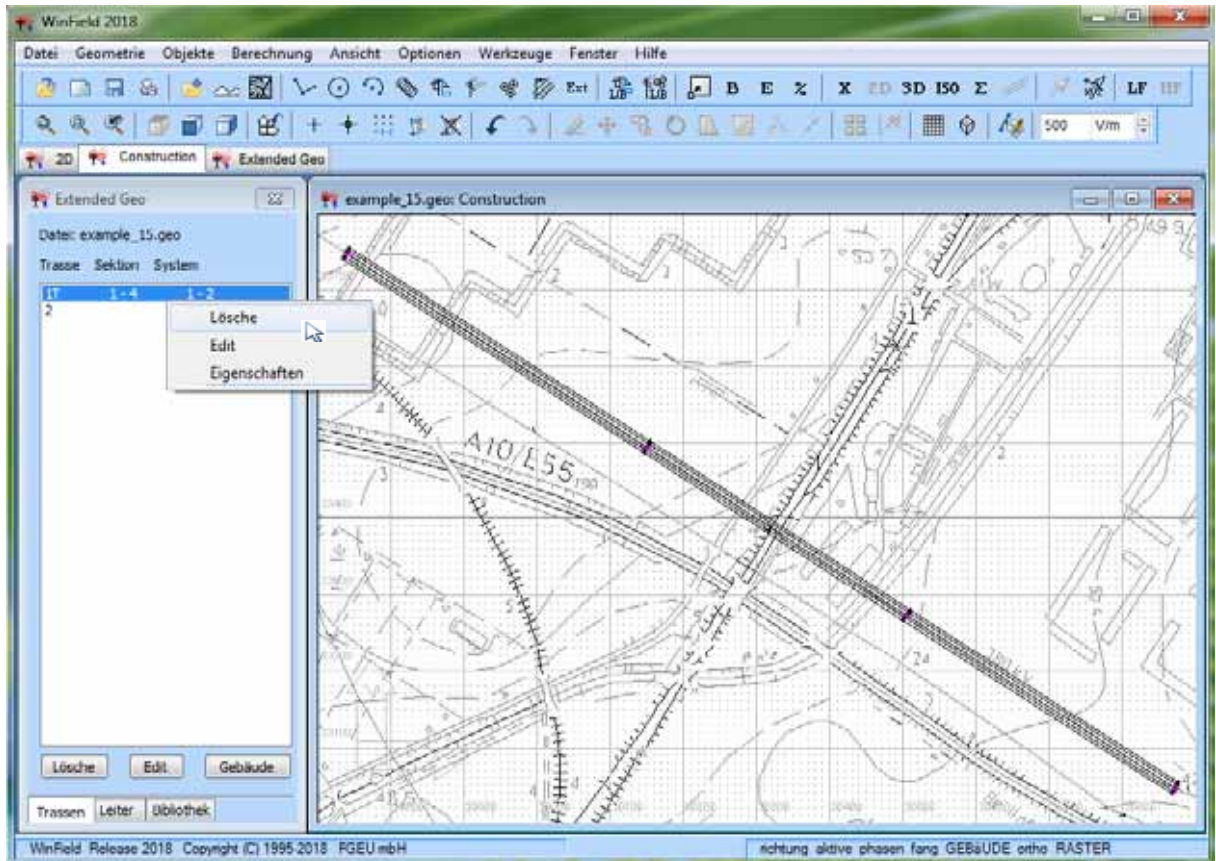


Schließen Sie die **Mastverwaltung** mittels **OK**.

## Elektrische Schirmung: Schritt 5

Da die Positionen der Masten nun in der Koordinatenliste gesichert sind, kann die Trasse gelöscht werden.

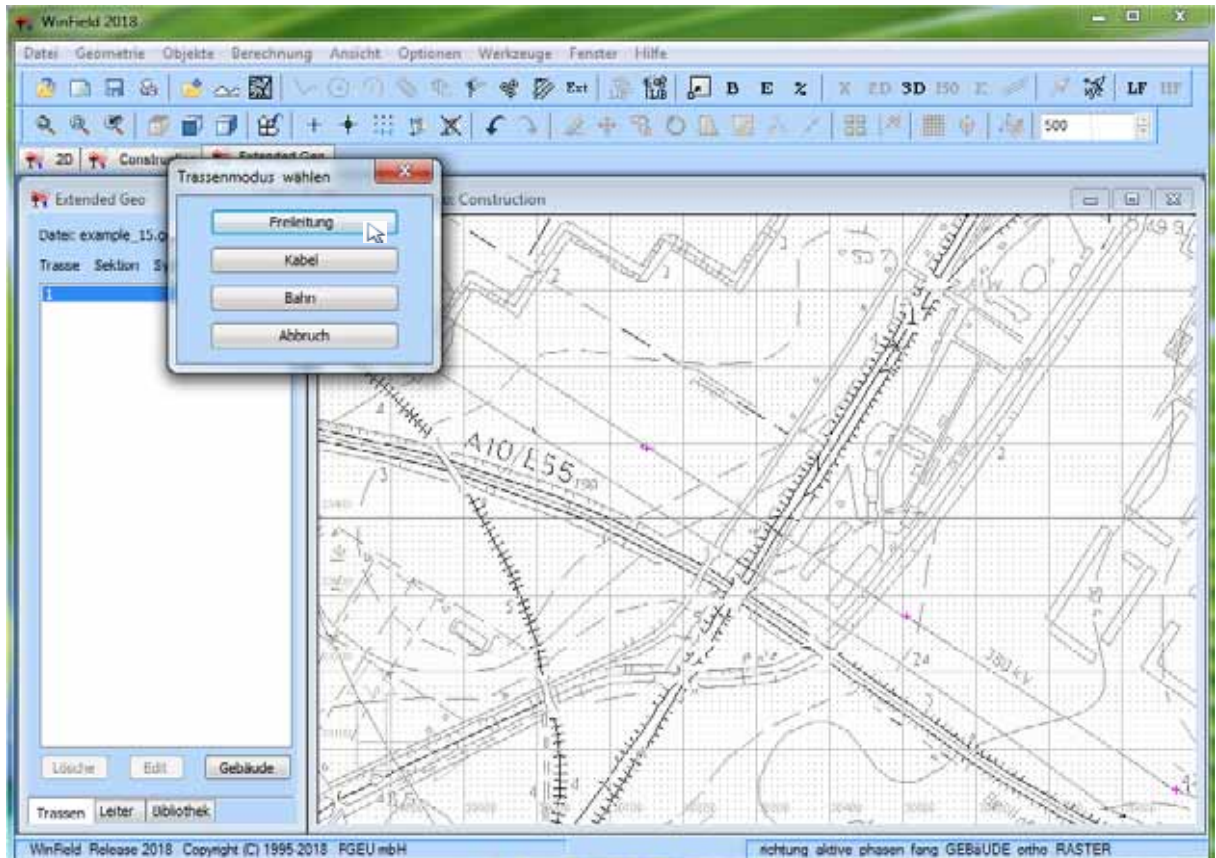
Klicken Sie dazu im **Trasseneditor** mit der rechten Maustaste auf die Trasse **1T** und wählen im **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **LÖSCHE**.



## Elektrische Schirmung: Schritt 6

Im **Konstruktionsfenster** sind anschließend nur noch die extrahierten Koordinaten der Masten zu sehen.

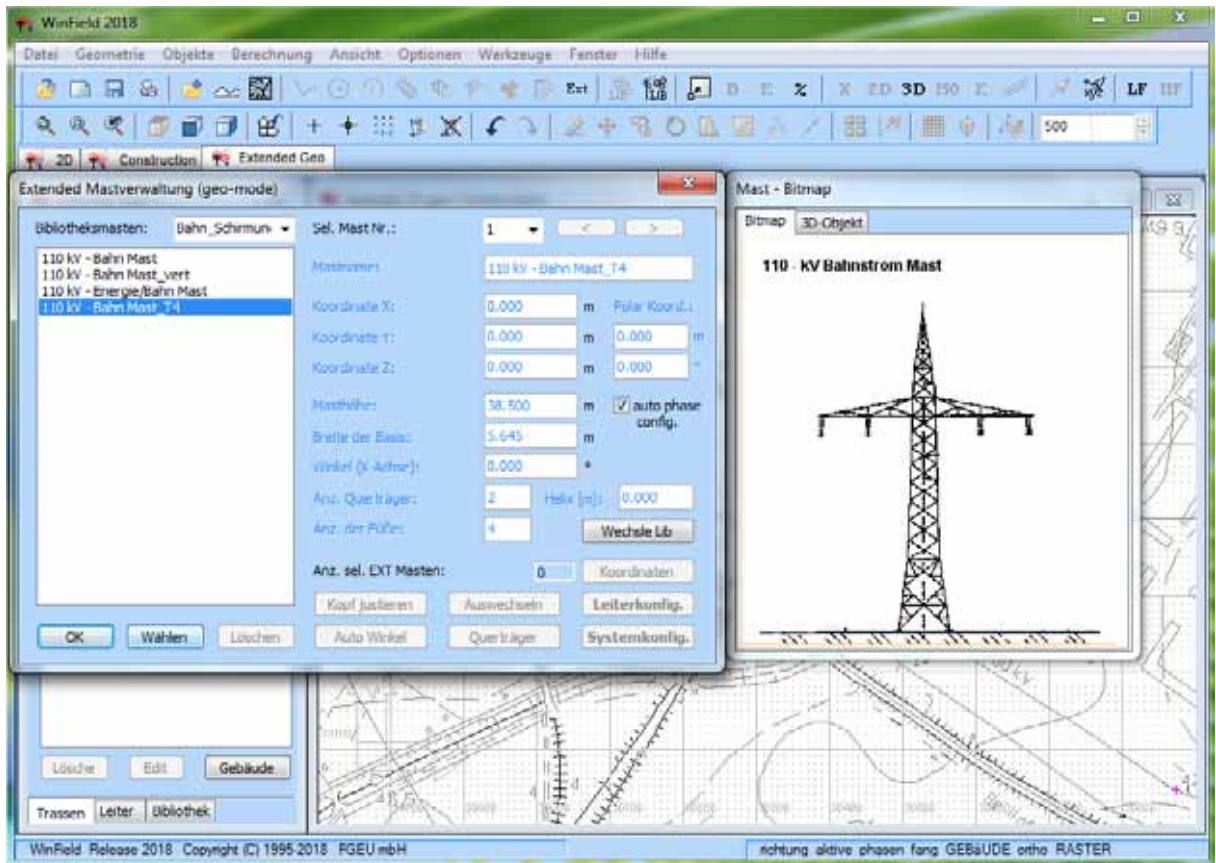
Klicken Sie nun mit einem Doppelklick auf den leeren Listeneintrag '1' im **Trasseneditor** um eine Trasse mit den neuen Masten zu erstellen. Es öffnet sich der **Trassenmodus wählen** Dialog. Betätigen Sie darin den Schalter **FREILEITUNG**.




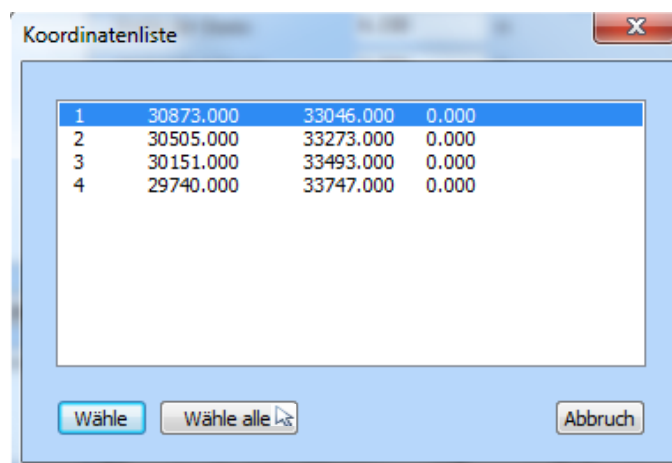


## Elektrische Schirmung: Schritt 7

Daraufhin öffnet sich die **Mastverwaltung**. In dieser selektieren Sie den Mast '110 kV - Bahn Mast\_T4' und klicken viermal auf **WÄHLEN** um 4 neue Masten dieses Typs einzufügen.



Anschließend wechseln Sie per Schalter   zu Mast **Nr. 1** und klicken auf **KOORDINATEN**. Um den neuen Masten die bestehenden Positionen zuzuordnen, klicken Sie in der sich öffnenden **Koordinatenliste** auf **WÄHLE ALLE**.



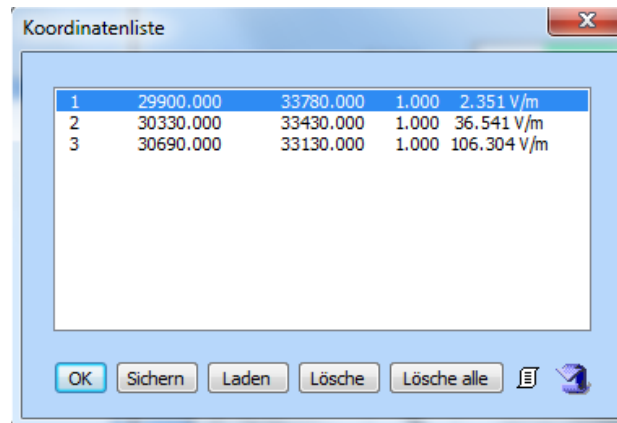
Schließen Sie die **Mastverwaltung** danach mittels **OK**.



## Elektrische Schirmung: Schritt 8

Führen Sie eine Berechnung der elektrischen Feldstärke per Button **E** der Toolbar durch.

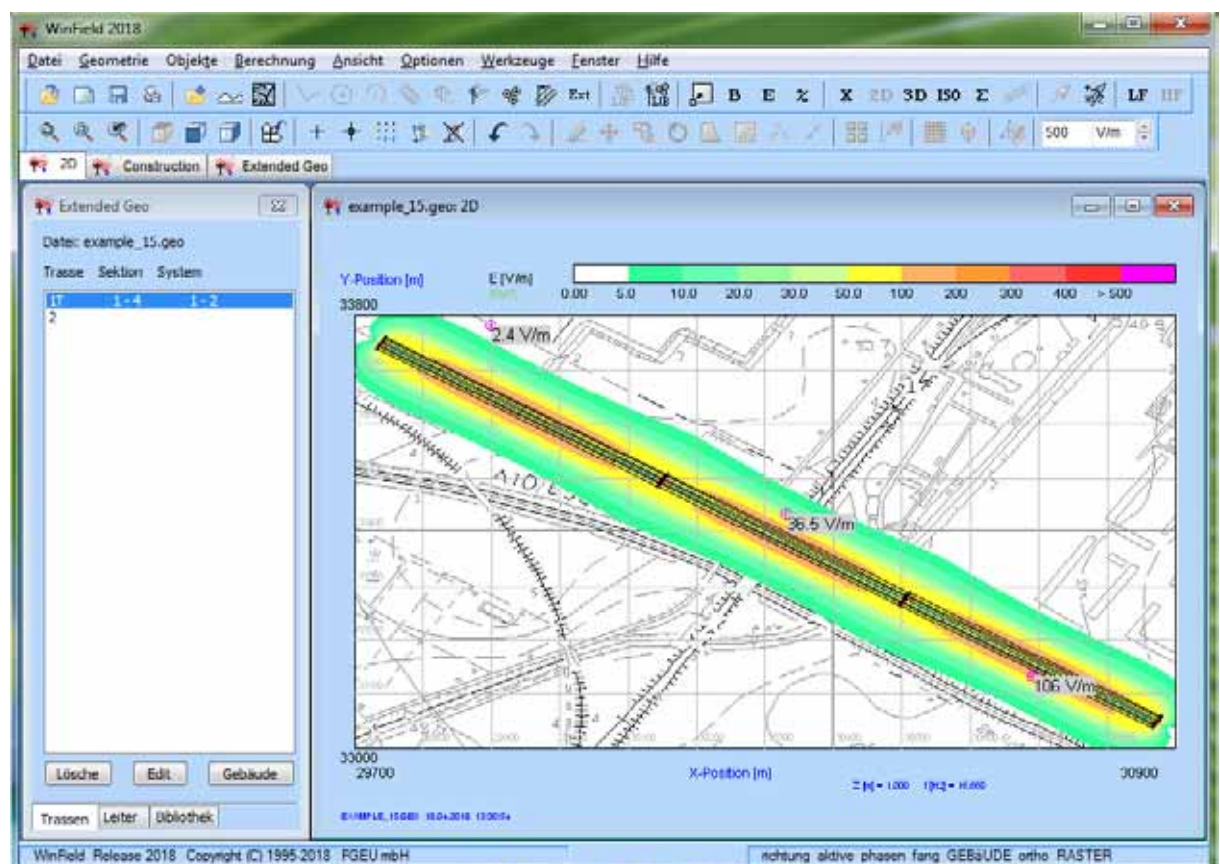
Öffnen Sie jetzt mittels des Buttons  der Toolbar die **Koordinatenliste** und klicken auf **LADEN**. Wählen Sie die '**Koordinatenliste\_Alt.kor**' aus und klicken auf **ÖFFNEN**. Diese enthält bereits die neuen elektrischen Feldstärken für die jeweiligen Koordinaten.



ID	X	Y	Z	Elektrische Feldstärke (V/m)
1	29900.000	33780.000	1.000	2.351 V/m
2	30330.000	33430.000	1.000	36.541 V/m
3	30690.000	33130.000	1.000	106.304 V/m

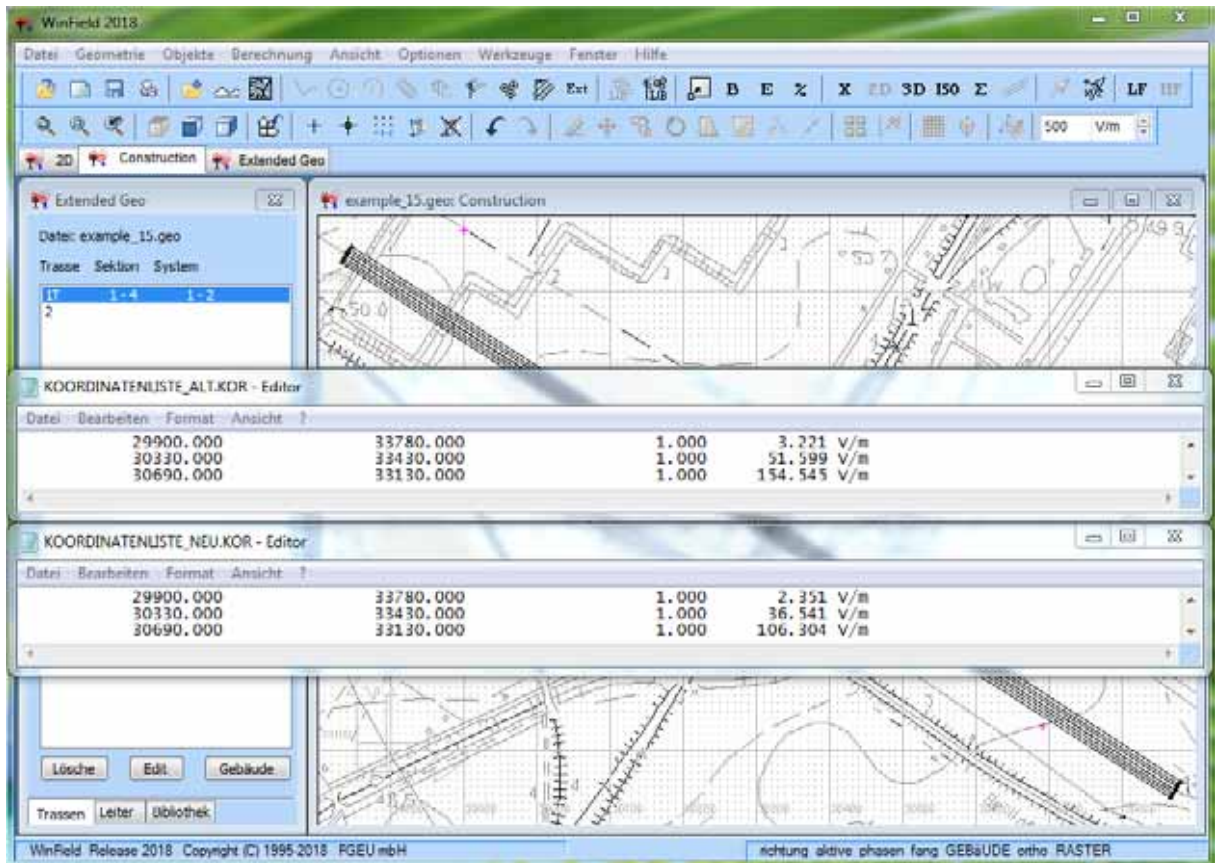
**SICHERN** Sie diese mit dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'. Schließen Sie anschließend das Fenster mittels **OK**.

Das Ergebnis sieht im **2D-Fenster** wie folgt aus.




## Elektrische Schirmung: Schritt 9



Hier folgt nun noch der Vergleich der Ergebnisse. An allen drei MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSMETHODEN konnte eine Verringerung der Immission erzielt werden.

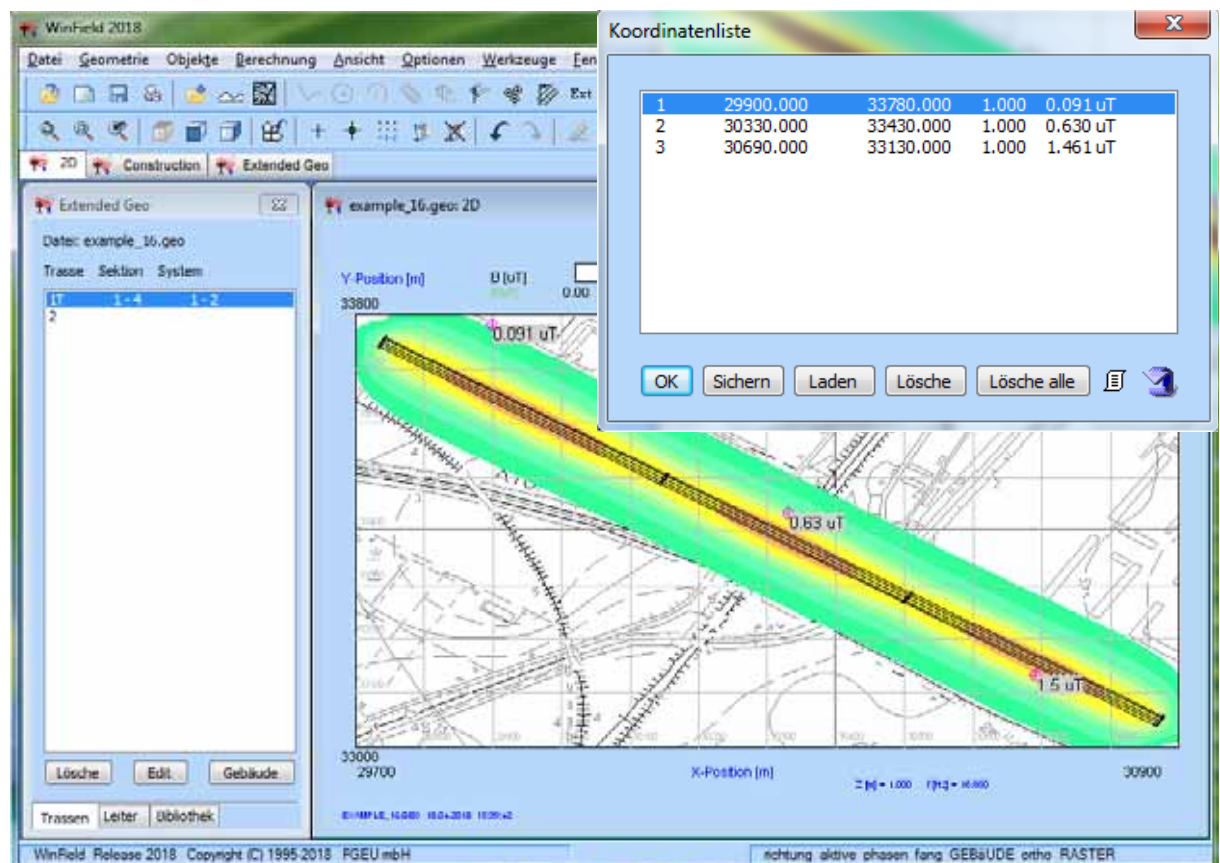


# Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 1

Die Minimierung der Immission am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Verringerung der Abstände zwischen den einzelnen Leiterseilen oder durch die Verringerung des Abstandes zwischen den Systemen als Ganzes erreicht. Dadurch kann die Kompensation der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte verbessert werden. In diesem Beispiel wird der Abstand zwischen den beiden Systemen um 1.8 m verringert.

Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 110-kV-Bahnstromfreileitung bestehend aus Einebene-Masten mit zwei Systemen und einem Erdseil. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_16.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.


Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

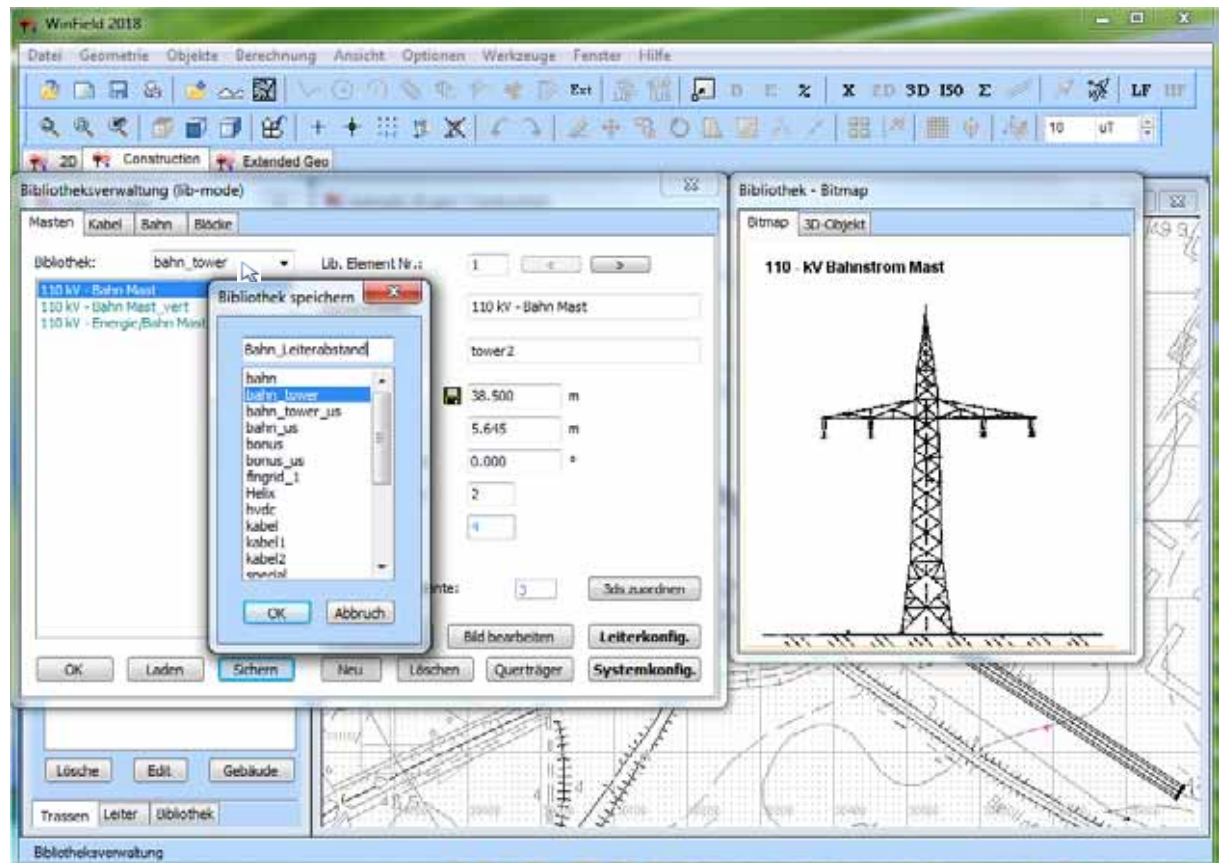




## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 2

Damit nicht für jeden einzelnen Masten die **Leiterkonfiguration** verändert werden muss, werden im Folgenden die Masten aus der Geometrie extrahiert, in der Bibliothek bearbeitet und wieder bei den entsprechenden Koordinaten eingefügt.



Öffnen Sie dazu die **Bibliotheksverwaltung** mit dem Button  der Toolbar. Wählen Sie im Drop-down Menü '**Bahn\_Tower**' aus (siehe Mauszeiger) und klicken Sie auf **SICHERN** um eine neue Bibliothek zu erstellen. Im Dialog **Bibliothek speichern** geben Sie in der obersten Zeile den neuen Namen '**Bahn\_Leiterabstand**' ein.

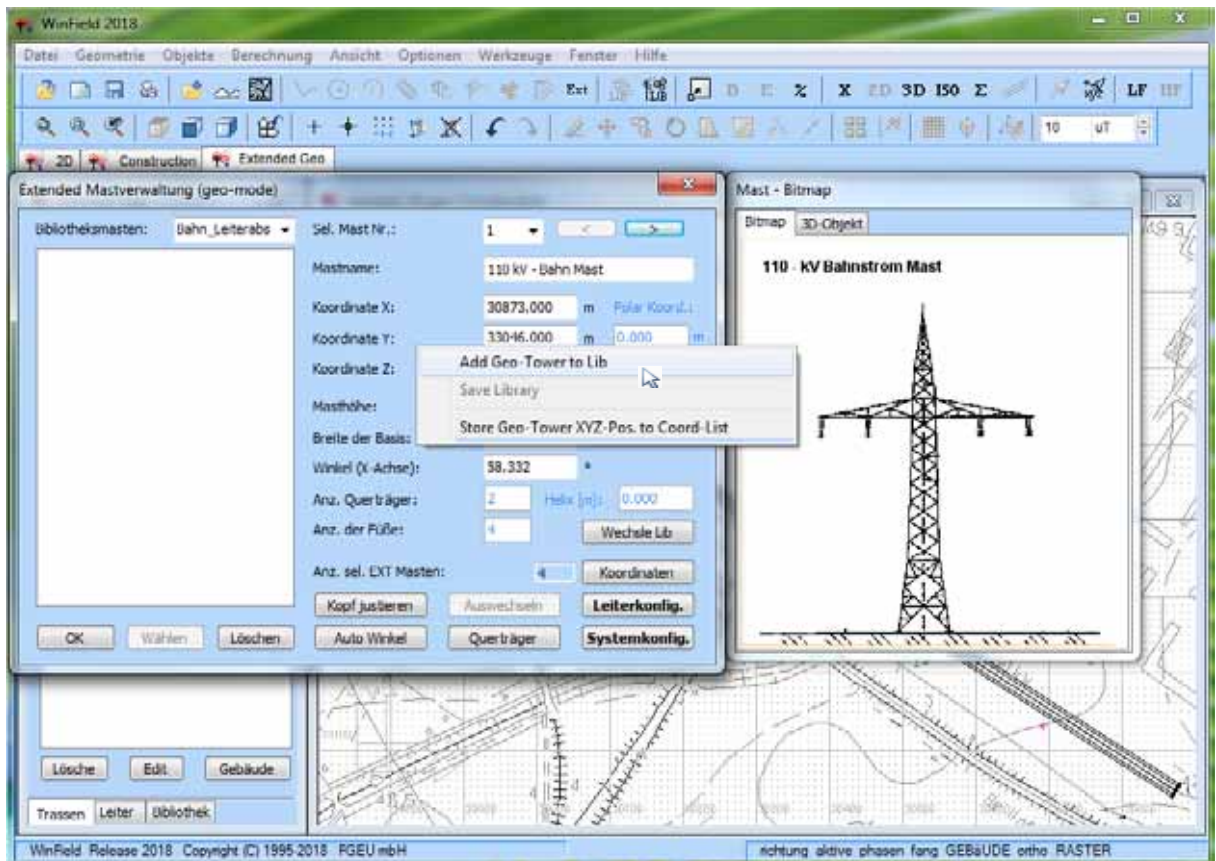


Bestätigen Sie den Dialog mit **OK** und entfernen Sie die vorhandenen Masten mittels **LÖSCHEN**. Schließen Sie anschließend auch die **Bibliotheksverwaltung** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.




## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 3

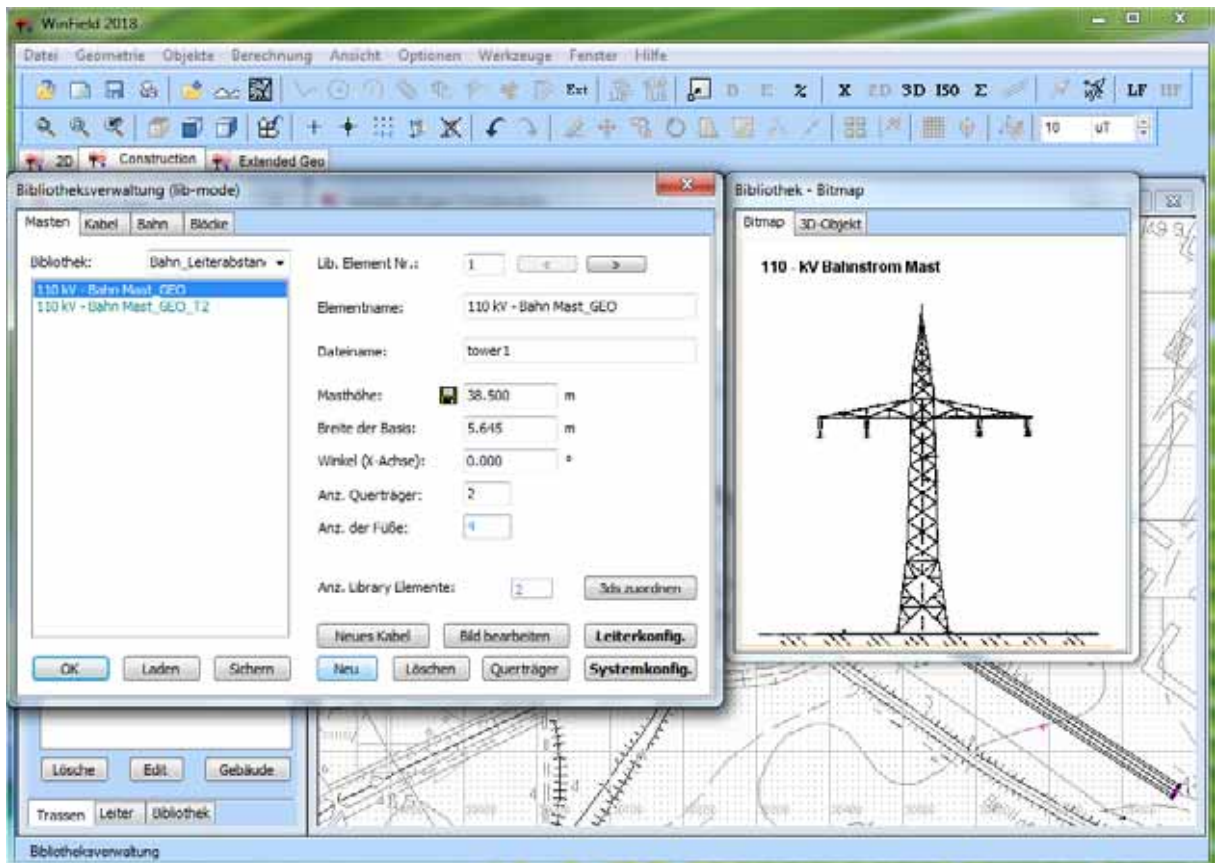
In diese neue Bibliothek fügen Sie nun den entsprechenden Mast, den Sie bearbeiten möchten, aus der Geometrie ein. Dazu öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Trasse **1T** im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung** und wählen per Schalter   den **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin in der **Mastverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und wählen Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **ADD GEO-TOWER TO LIB** aus.



Sie legen hiermit einen neuen Bibliothek-Mast mit dem Namen **'110 kV - Bahn Mast\_GEO'** an, welcher aus der Geometrie extrahiert wurde. Dieser besitzt dieselben Parameter und Einstellungen wie das Original in der Geometrie. Schließen Sie die **Mastverwaltung** mittels **OK** und bestätigen Sie den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.

## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 4

Als nächstes soll der extrahierte Mast bearbeitet werden. Öffnen Sie hierzu die **Bibliotheksverwaltung** per Button  der Toolbar und wählen den Mast '110 kV - Bahn Mast\_GEO' aus. Klicken Sie daraufhin auf **NEU**, um von diesem eine Kopie mit dem Namen '110 kV Bahn Mast\_GEO\_T2' zu erstellen.



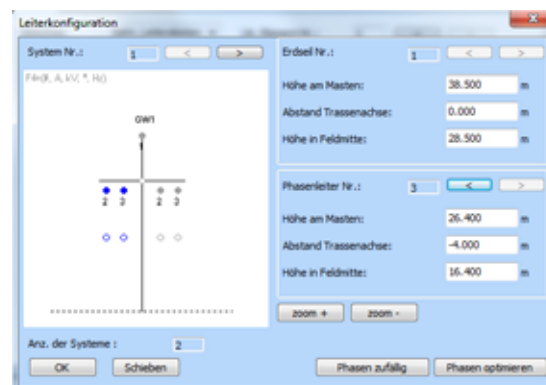
Diese Kopie des Masten ist ein exaktes Duplikat, sodass immer auf den originalen Mast zurückgegriffen werden kann.

## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 5

Nun wird das Duplikat des Masten bearbeitet. Wählen Sie dazu den Mast '110 kV - Bahn Mast\_GEO\_T2' aus und öffnen die **LEITERKONFIG.** Sie erhalten die folgende Darstellung.



Geben Sie nun für Phasenleiter **Nr. 2** und **Nr. 3** des Systems **Nr. 1** jeweils einen um 1.8 m geringeren **Abstand Trassenachse** ein. Damit beträgt der neue **Abstand Trassenachse** -7.8 und -4.0 m. Anschließend geben Sie auch für die Phasenleiter **Nr. 2** und **Nr. 3** des Systems **Nr. 2** einen geringeren **Abstand Trassenachse** ein. Somit ergeben sich für den **Abstand Trassenachse** dieser Leiter 4.0 und 7.8 m.

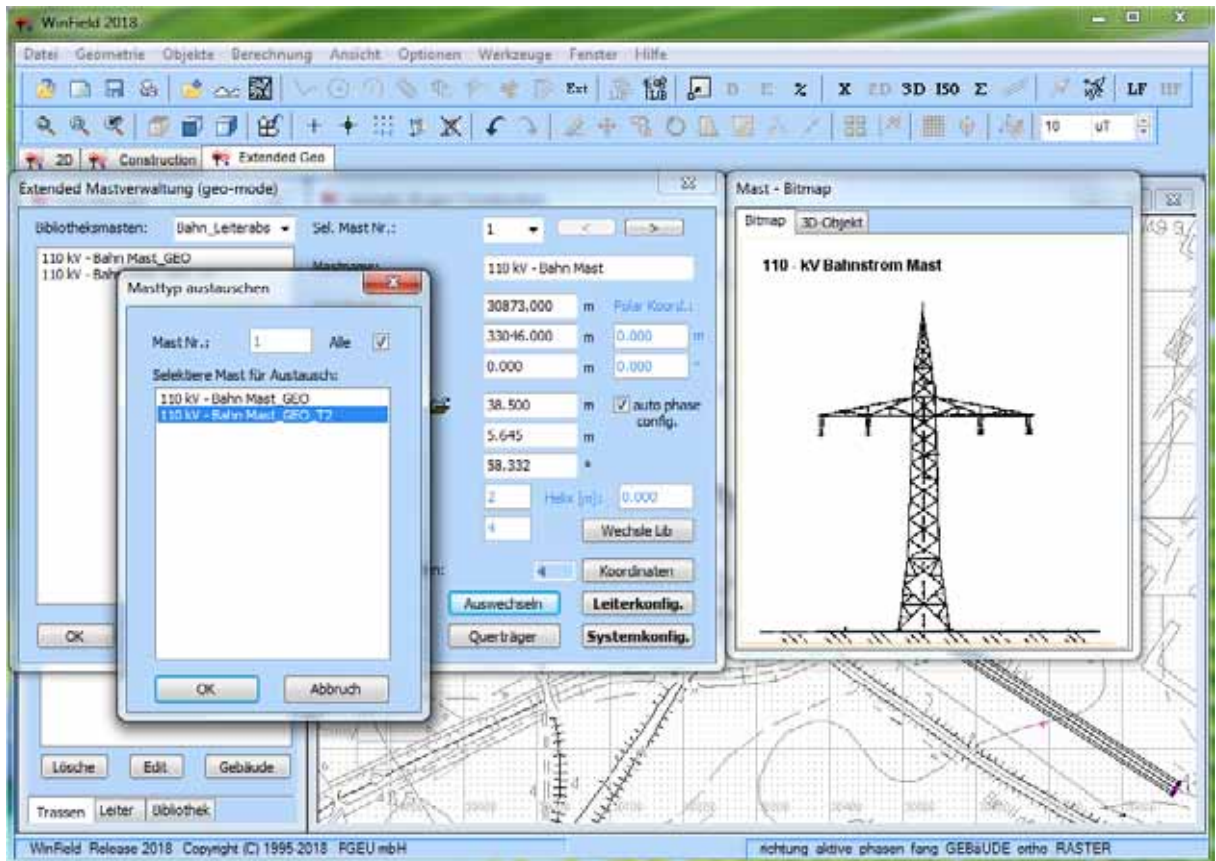



Schließen Sie die **Leiterkonfiguration** und die **Bibliotheksverwaltung** mittels **OK** und bestätigen den sich öffnenden **Speichern** Dialog mit **JA**.



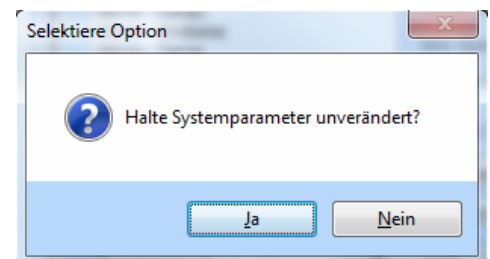
## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 6

Jetzt werden die alten Masten durch die neuen Masten ersetzt. Öffnen Sie dazu die **Mastverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1T) im **Trasseneditor**.



Wählen Sie über den Schalter  **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin auf **AUSWECHSELN** und wählen im sich öffnenden **Masttyp austauschen** Dialog, den neuen Mast '110 kV Bahn Mast GEO T2'. Setzen Sie anschließend den Checkhaken **ALLE** und bestätigen den Dialog mit **OK**.

Klicken Sie bei der sich öffnenden Abfrage 'Halte Systemparameter unverändert' auf **JA** und schließen Sie auch die **Mastverwaltung** mit **OK**. Durch das Beibehalten der Systemparameter bleiben alle elektrischen Parameter konstant und werden nicht überschrieben, während alle geometrischen Parameter angepasst werden.

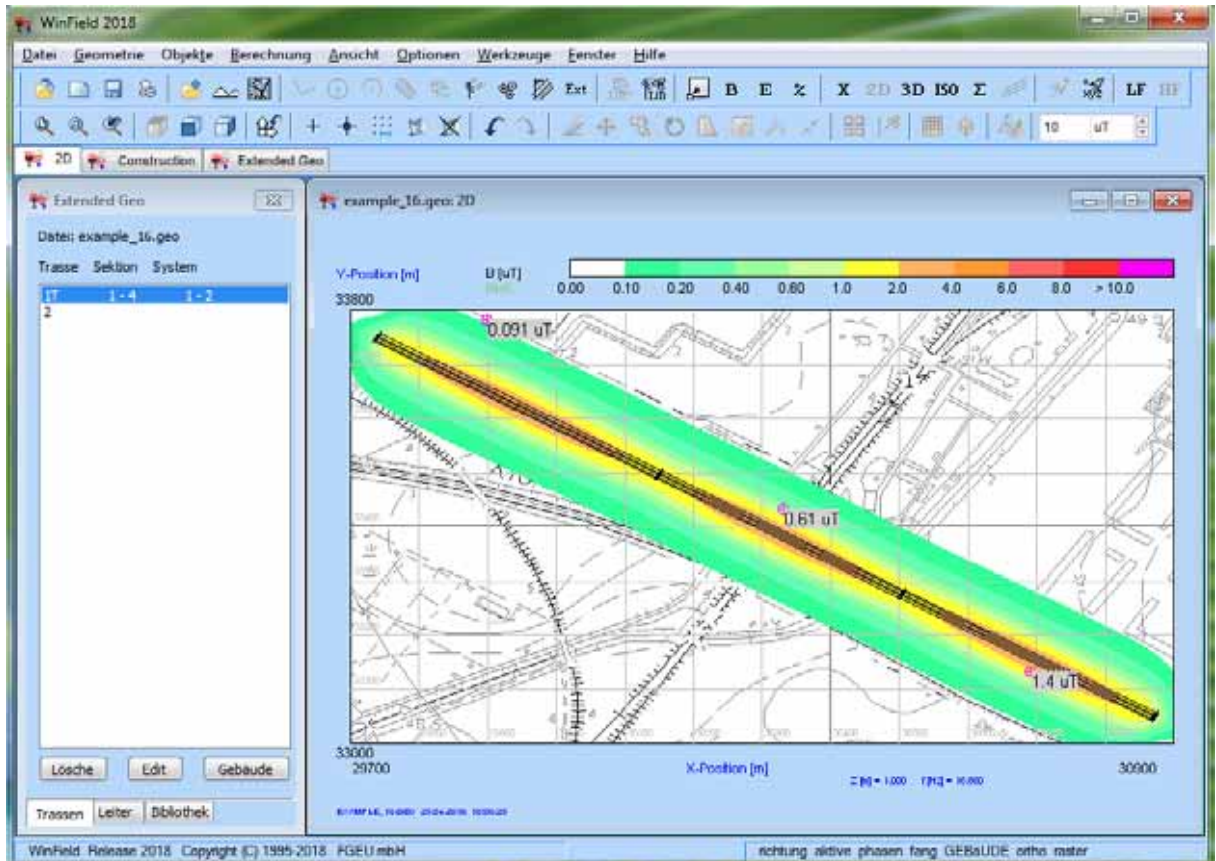


**Hinweis:** Klicken Sie bei der Abfrage auf **NEIN** werden Ströme, Spannungen, Phasen etc. vom neuen Masttypen übernommen, was in diesem Beispiel nicht beabsichtigt ist.



## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 7


Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mit dem Button  der Toolbar.

Koordinatenliste

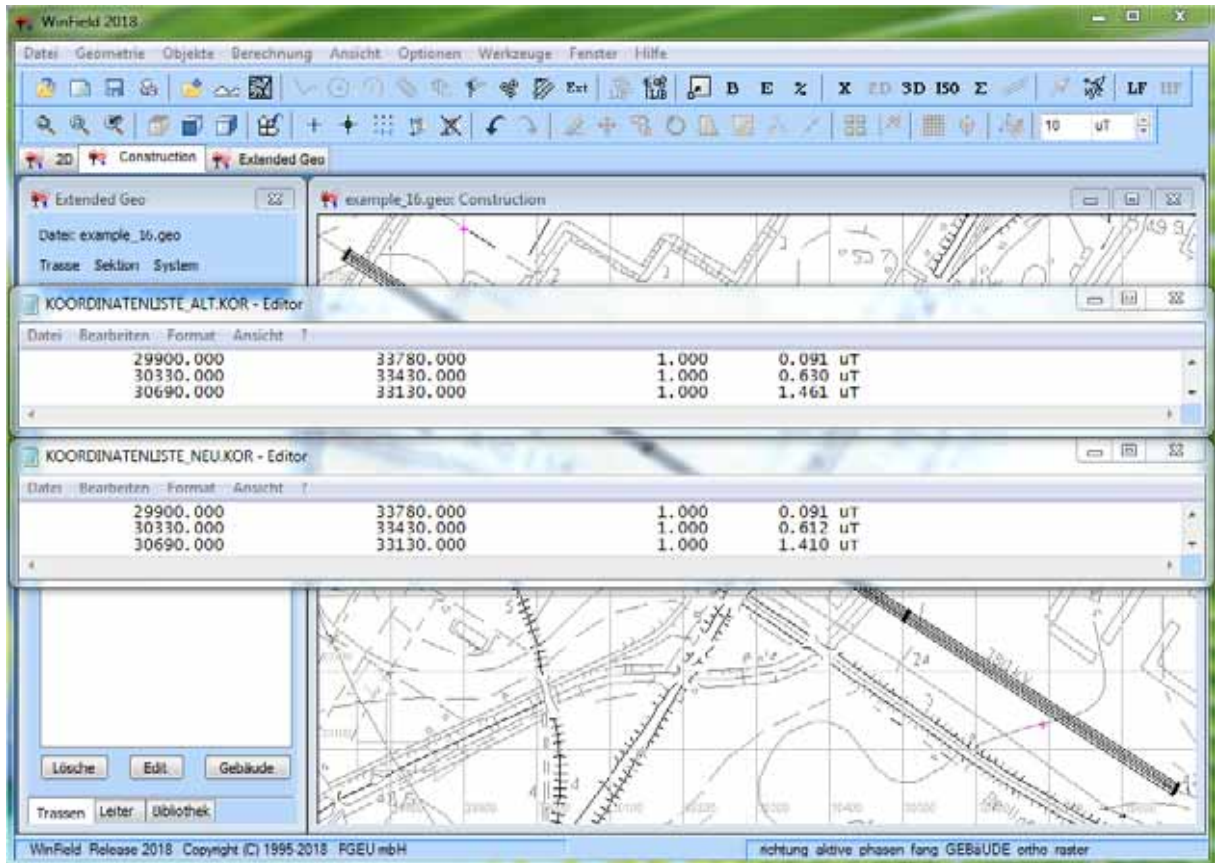
1	29900.000	33780.000	1.000	0.091 uT
2	30330.000	33430.000	1.000	0.612 uT
3	30690.000	33130.000	1.000	1.410 uT

OK Sichern Laden Lösche Lösche alle 

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

## Minimierung der Leiterseilabstände: Schritt 8


Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine Verringerung der Immission an zwei von drei MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu erkennen.





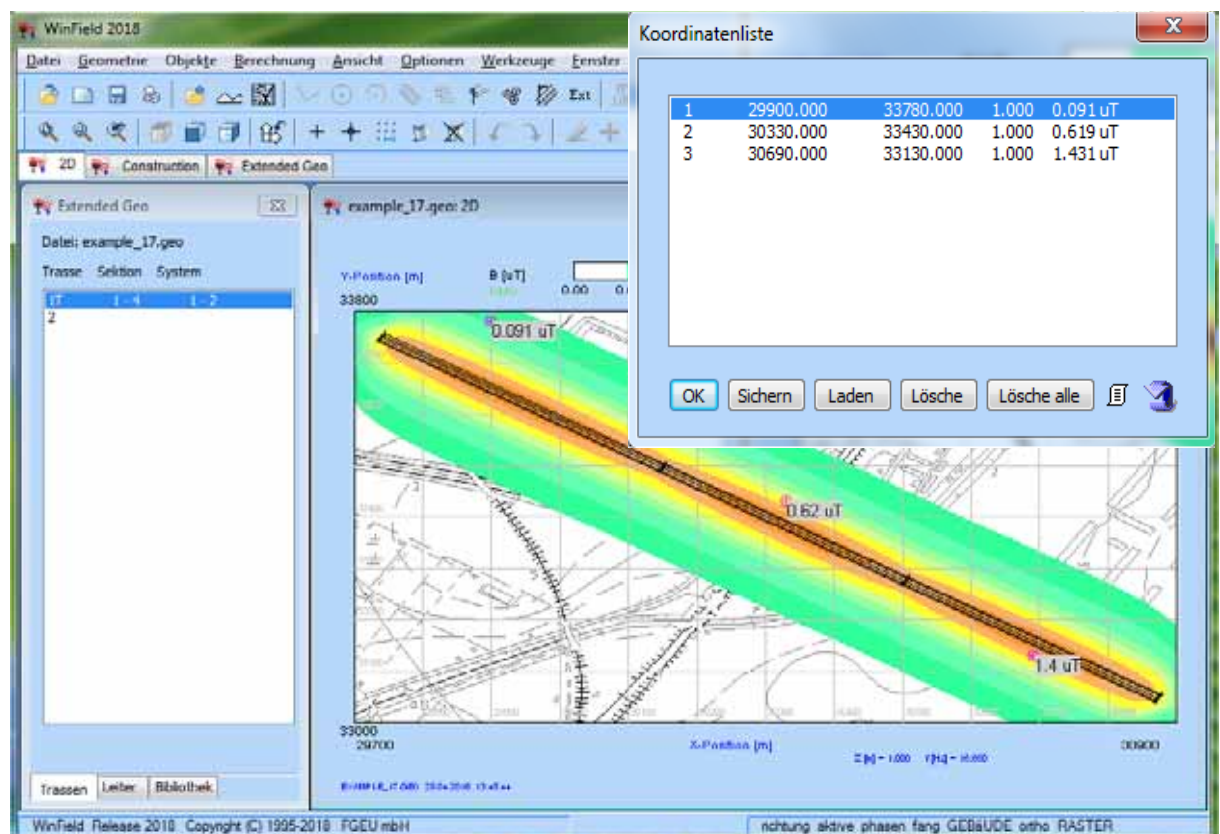
**Hinweis:** Neben der Möglichkeit den Abstand der beiden Systeme zu verringern, können auch die Abstände zwischen den einzelnen Phasenleitern selbst verringert werden.

## Optimierung des Mastbildes: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Optimierung des Mastbildes erreicht. Damit kann die Kompensation der elektrischen Feldstärke oder magnetischen Flussdichte verbessert und die Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden. In diesem Beispiel werden die Einebene-Masten mit einer horizontalen Leiterseilanordnung durch Masten mit zwei Ebenen und einer vertikalen Leiterseilanordnung ersetzt.

Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 110-kV-Bahnstromfreileitung bestehend aus Einebene-Masten mit zwei Systemen und einem Erdseil. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_17.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

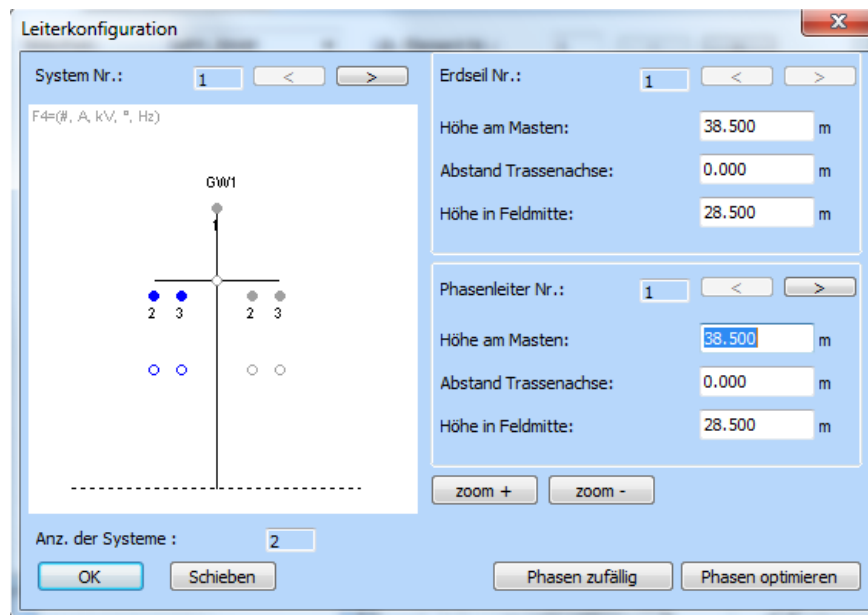
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



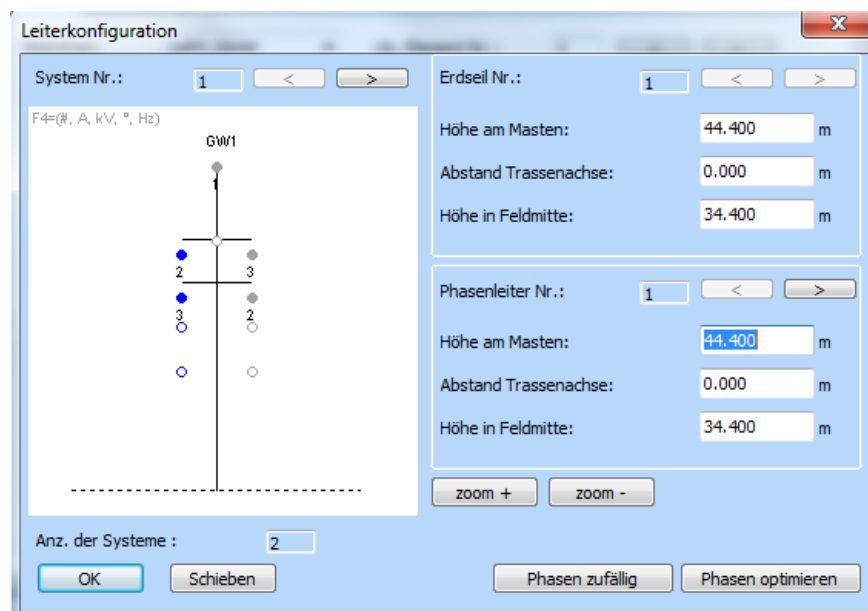
## Optimierung des Mastbildes: Schritt 2

Nun werden die Masten mit horizontaler Leiterseilanordnung durch Masten mit einer vertikalen Leiterseilanordnung ausgetauscht. Um den Unterschied zwischen den Mastbildern zu veranschaulichen, werden diese hier in der **Leiterkonfiguration** dargestellt.

Einebene-Mast mit horizontaler Leiterseilanordnung:




Mast mit zwei Ebenen und vertikaler Leiterseilanordnung:




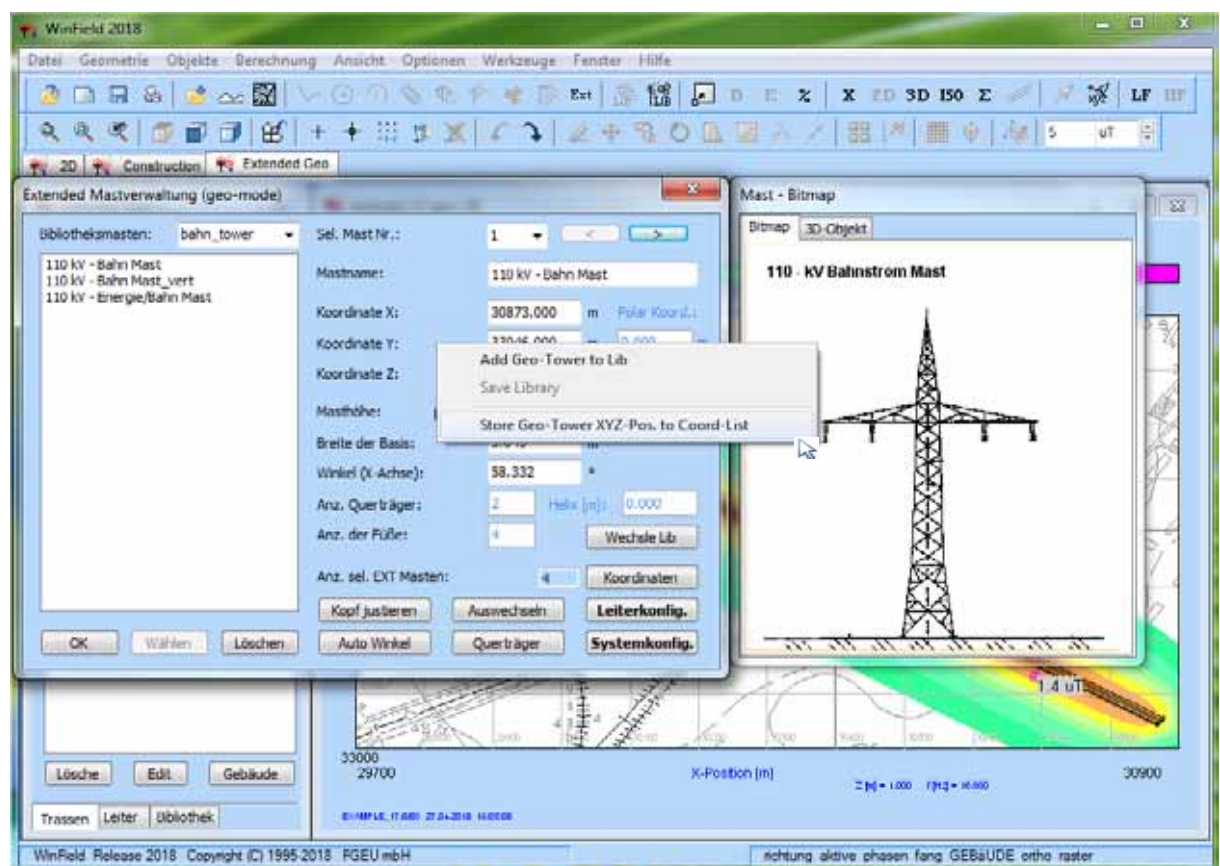


## Optimierung des Mastbildes: Schritt 3

Nun werden die alten Masten durch die neuen Masten mit zwei Ebenen ersetzt. Dazu sind die Koordinaten der Mastpositionen erforderlich. Löschen Sie zunächst die aktuelle Koordinatenliste per Button  der Toolbar.

Öffnen Sie anschließend die **Mastverwaltung** durch einen Doppelklick auf die entsprechende Trasse (1T) im **Trasseneditor**.

Wählen Sie in der **Mastverwaltung** per Schalter  den **Mast Nr. 1** aus. Klicken Sie daraufhin in der **Mastverwaltung** mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche und selektieren Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **STORE GEO-TOWER XYZ-POS. TO COORD-LIST**.

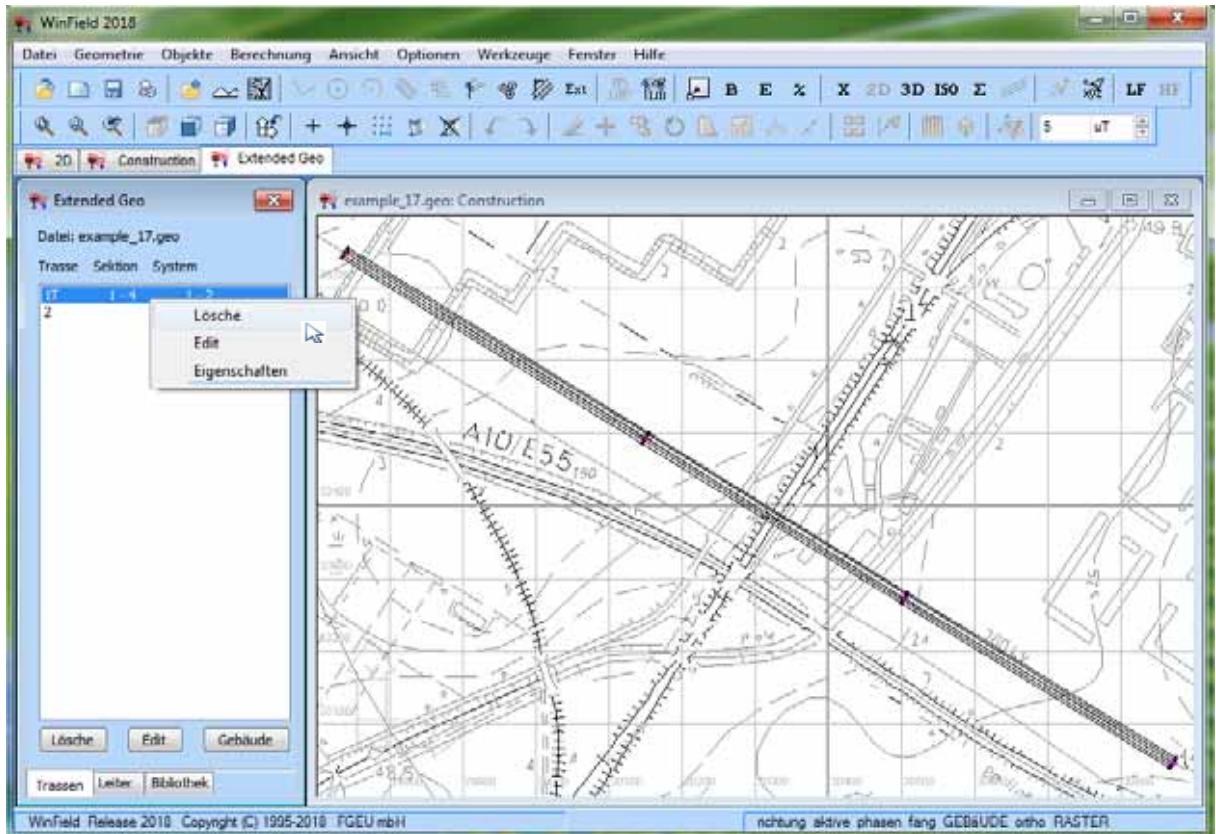


Schließen Sie die **Mastverwaltung** mittels **OK**.

## Optimierung des Mastbildes: Schritt 4

Im **Konstruktionsfenster** sind die Positionen der Masten nun mit rosa Kreuzen markiert. Nach der Sicherung der Positionen der Masten in der Koordinatenliste, kann die Trasse gelöscht werden.

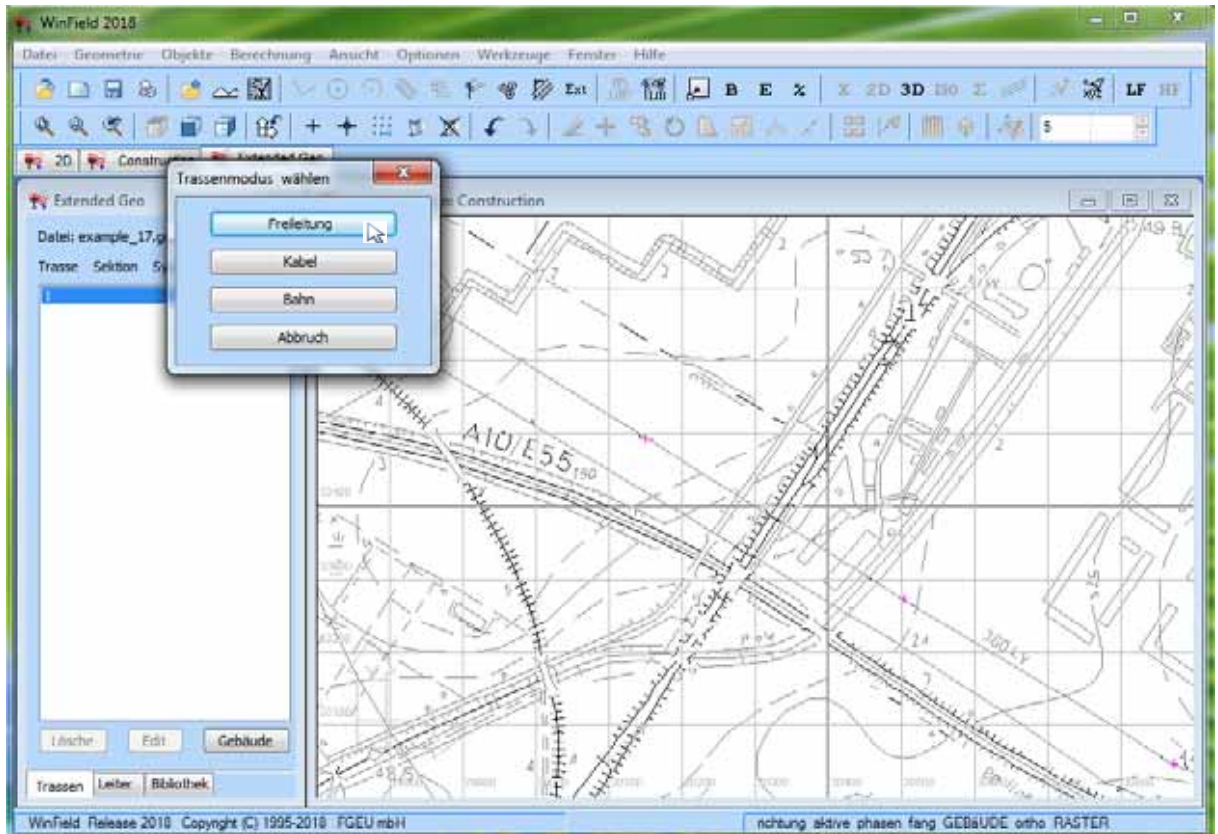
Klicken Sie dazu im **Trasseneditor** mit der rechten Maustaste auf die Trasse **1T** und wählen im **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **LÖSCHE**.



## Optimierung des Mastbildes: Schritt 5

Im **Konstruktionsfenster** sind anschließend nur noch die extrahierten Koordinaten der Masten zu sehen.

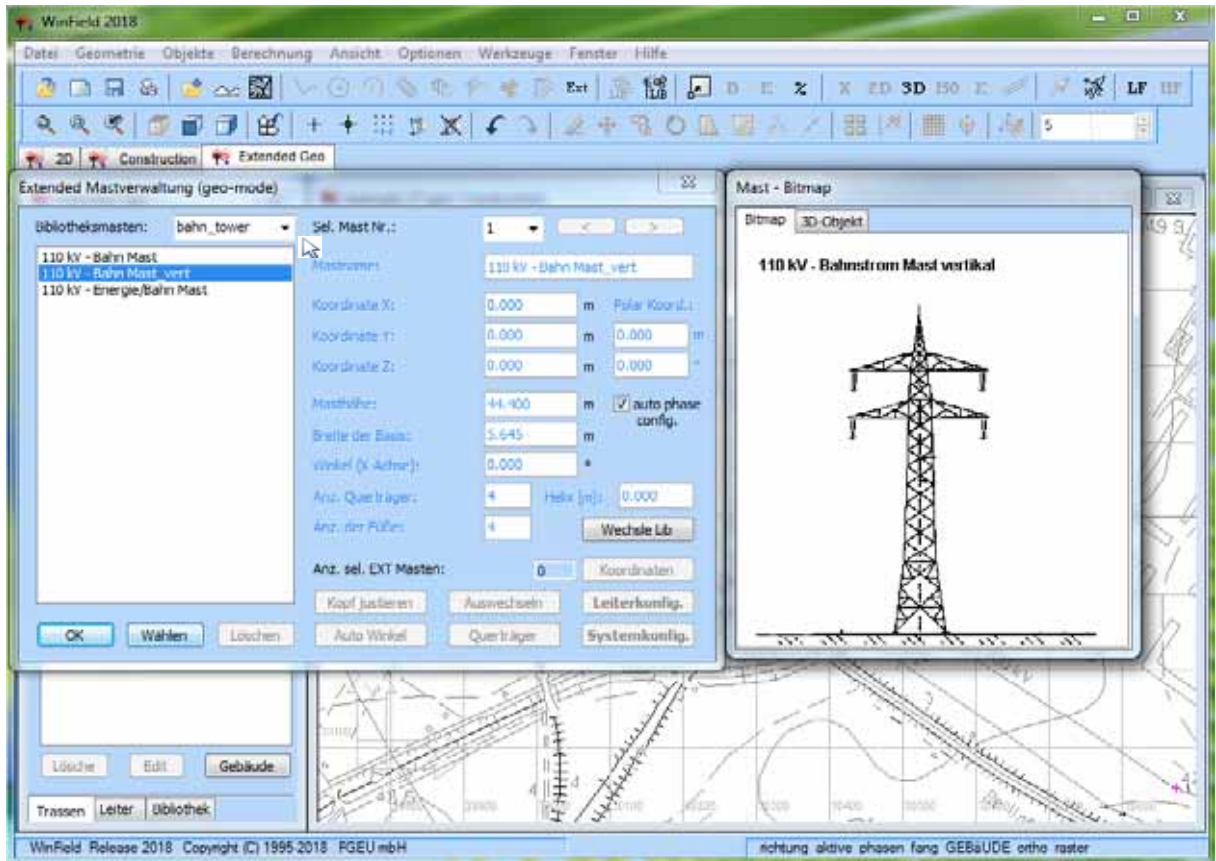
Klicken Sie nun mit einem Doppelklick auf den leeren Listeneintrag '1' im **Trasseneditor** um eine Trasse mit den neuen Masten zu erstellen. Es öffnet sich der **Trassenmodus wählen** Dialog. Betätigen Sie darin den Schalter **FREILEITUNG**.



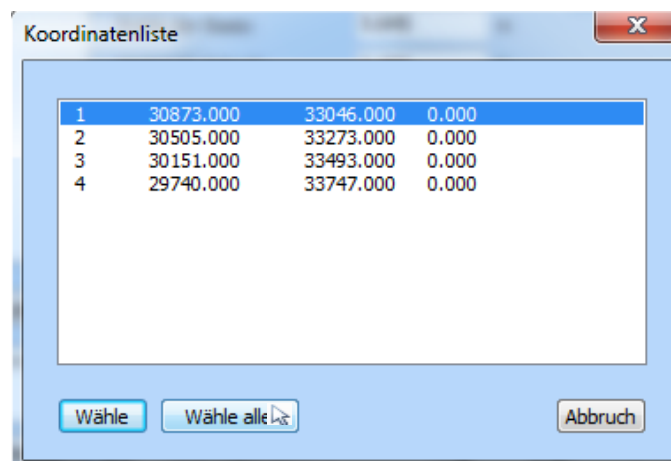


## Optimierung des Mastbildes: Schritt 6

Wählen Sie im Drop-down Menü der **Mastverwaltung** die Bibliothek '**Bahn\_Tower**' aus (siehe Mauszeiger), selektieren Sie den Mast '**110 kV - Bahn Mast\_vert**' und klicken viermal auf **WÄHLEN** um 4 neue Masten dieses Typs einzufügen.



Anschließend wechseln Sie per Schalter  zu Mast **Nr. 1** und klicken auf **KOORDINATEN**. Um den neuen Masten die bestehenden Positionen zuzuordnen, klicken Sie in der sich öffnenden **Koordinatenliste** auf **WÄHLE ALLE**.




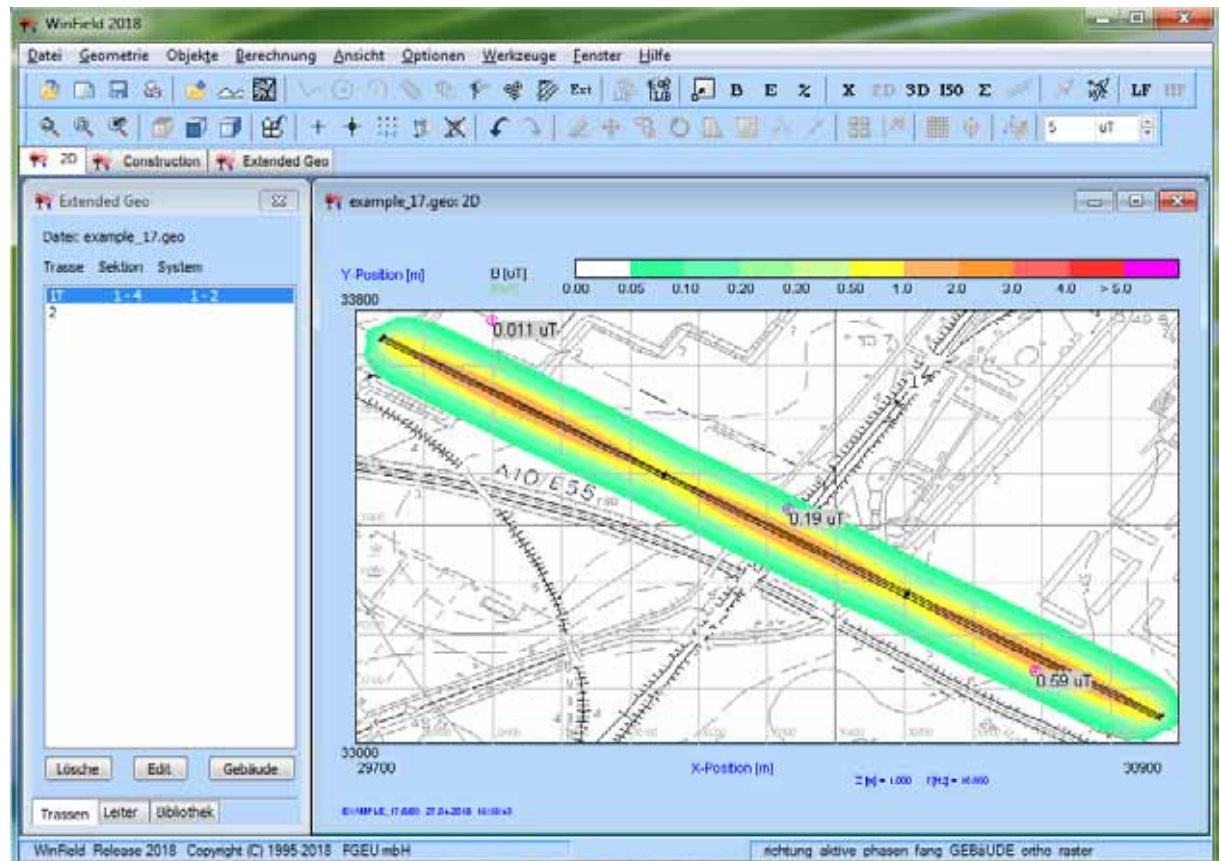
Schließen Sie die **Mastverwaltung** danach mittels **OK**.



## Optimierung des Mastbildes: Schritt 7

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.

Öffnen Sie jetzt mittels des Buttons  der Toolbar die **Koordinatenliste** und klicken auf **LADEN**. Wählen Sie die '**Koordinatenliste\_Alt.kor**' aus und klicken auf **ÖFFNEN**. Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. Schließen Sie anschließend das Fenster mittels **OK**. Das Ergebnis sieht im **2D-Fenster** wie folgt aus.



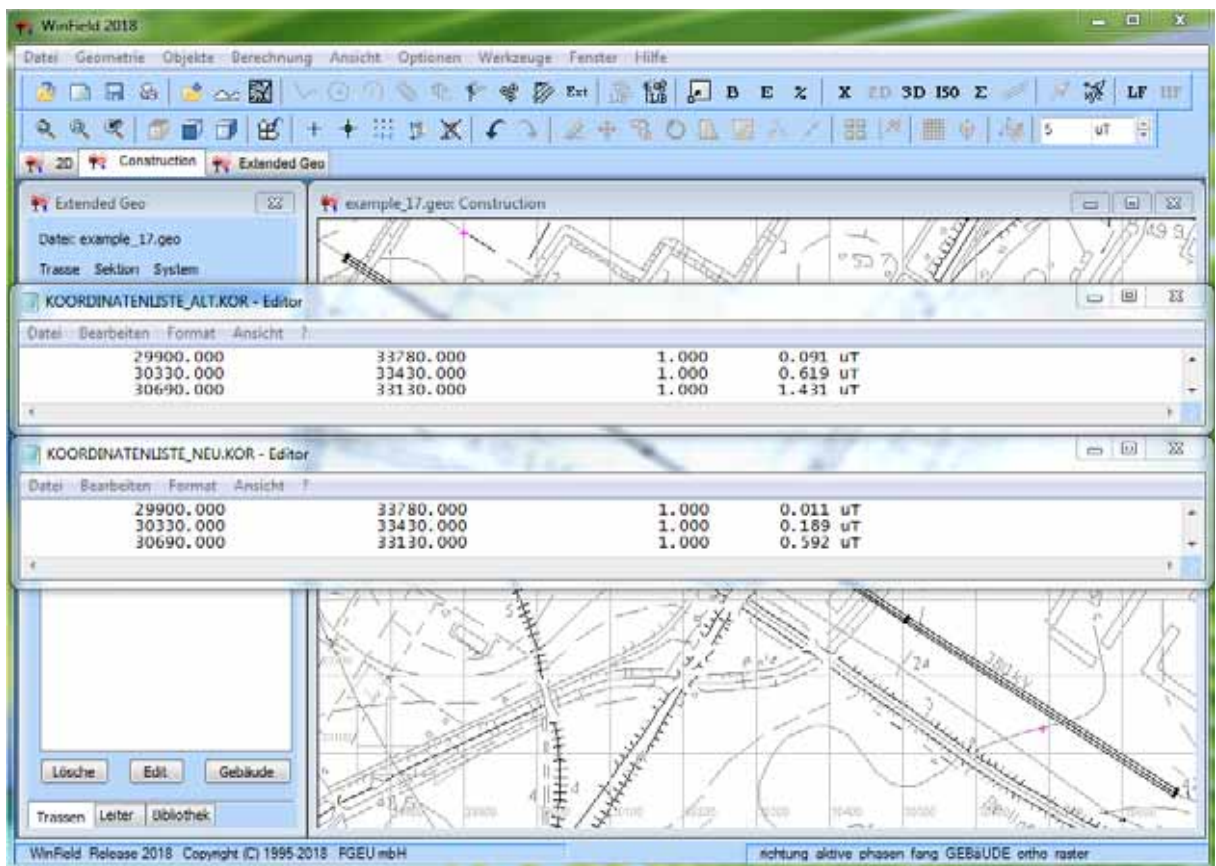
Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste per Button  der Toolbar.

Koordinatenliste				
1	29900.000	33780.000	1.000	0.011 uT
2	30330.000	33430.000	1.000	0.189 uT
3	30690.000	33130.000	1.000	0.592 uT

Abschließend **SICHERN** Sie diese mit dem Namen '**Koordinatenliste\_Neu.kor**'.

## Optimierung des Mastbildes: Schritt 8


Hier folgt nun noch der Vergleich der Ergebnisse. An allen drei MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte eine deutliche Verringerung der Immission erzielt werden.





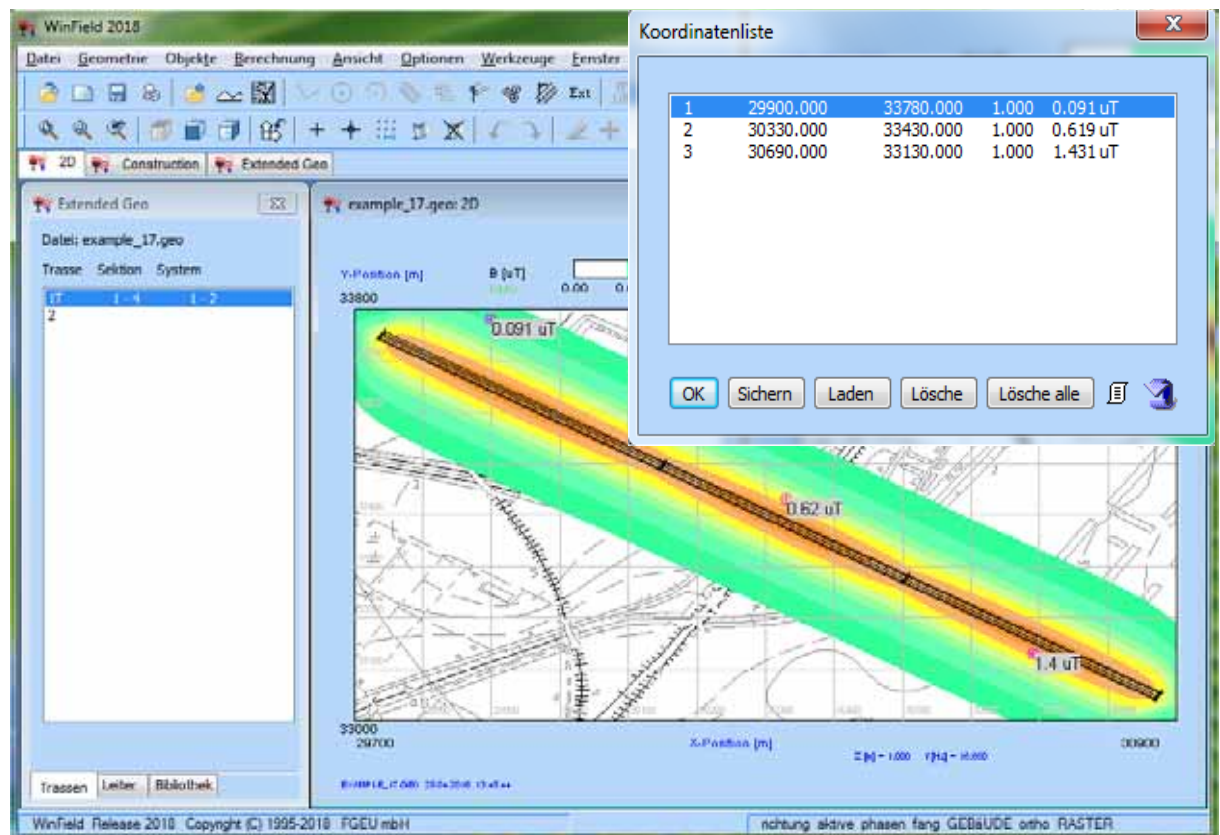
# Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Vertauschung der Phasenfolge der Leiter erreicht (Phasenoptimierung). Bei einer vorgegebenen Leitergeometrie kann so die Kompensation der elektrischen Feldstärke oder magnetischen Flussdichte verbessert und damit die Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden.

**Hinweis:** Die optimale Leiterfolge kann für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte und für den Nah- und Fernbereich unterschiedlich sein.

Zur Minimierung der Immission einer Trasse nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer 110-kV-Bahnstromfreileitung bestehend aus Einebene-Masten mit zwei Systemen und einem Erdseil. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_17.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BImSchV26VwV'.

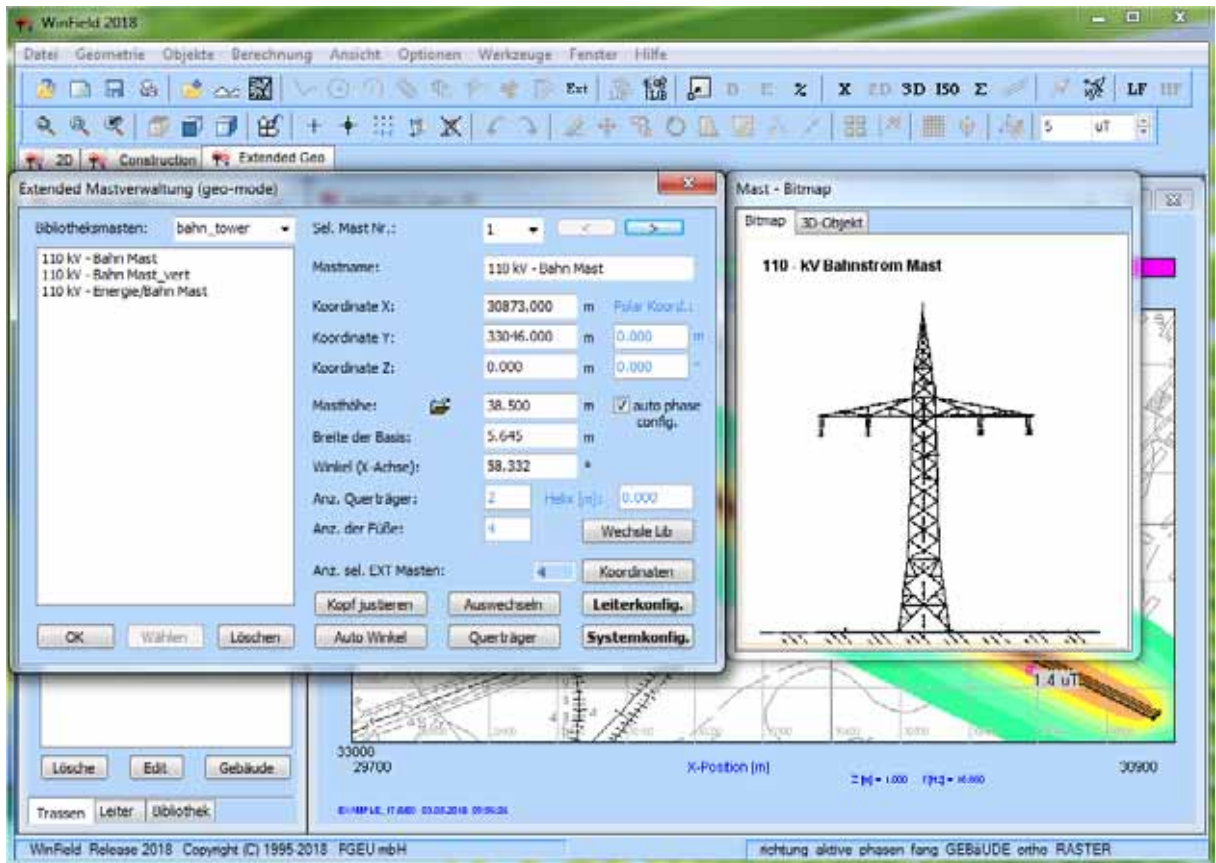
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.





## Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 2

Um die Leiteranordnung zu optimieren wird nun die Phasenfolge der Leiter manuell verändert. Öffnen Sie dazu mit einem Doppelklick auf die Trasse **1T** im **Trasseneditor** die **Mastverwaltung**.



Selektieren Sie per Schalter





**Mast Nr. 1** und öffnen Sie **SYSTEMKONFIG.**



## Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 3

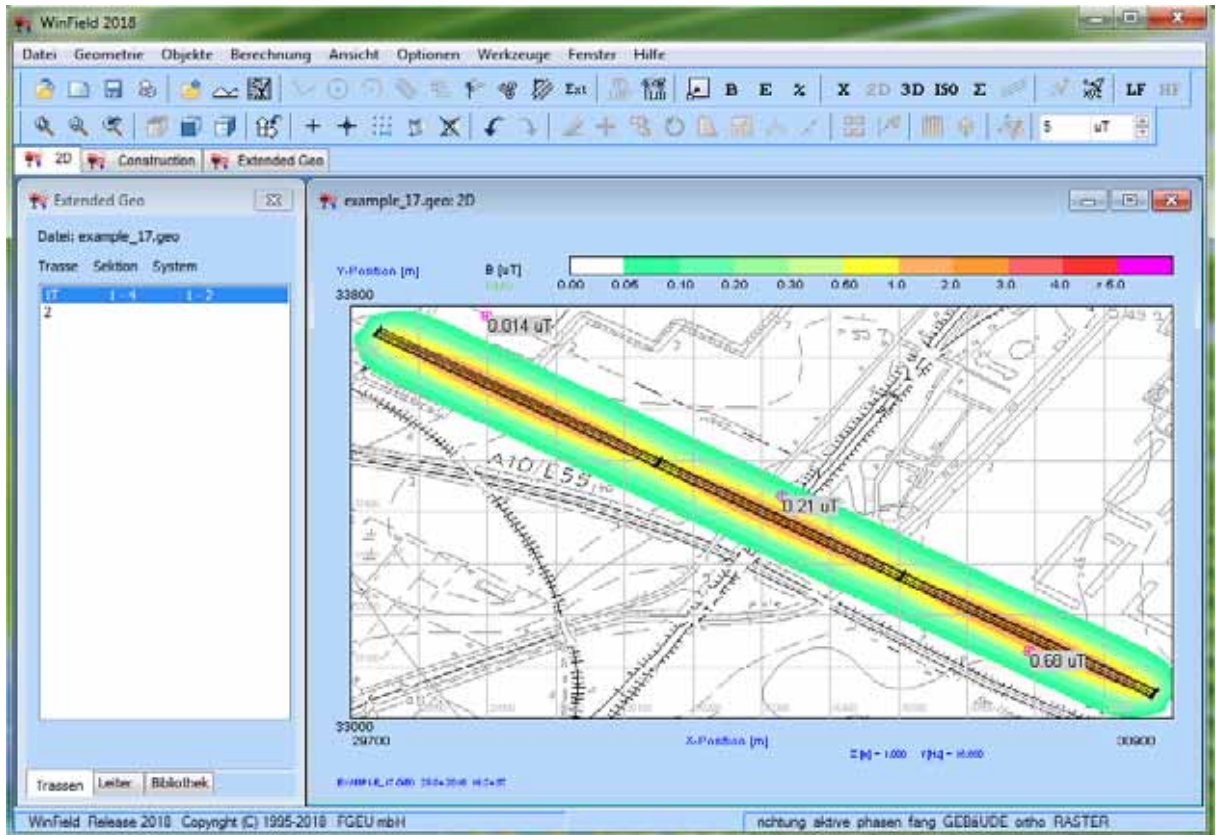
In der **Systemkonfiguration** können nun Strom, Spannung und Phasenlage der einzelnen Leiterseile angepasst werden. System **Nr. 1** wird als festgelegtes System betrachtet und nicht verändert. Die Phasenlage von System **Nr. 2** wird dagegen angepasst.


Systemkonfiguration	
System Nr.:	2
Spannung:	95.263 kV
Strom:	740.000 A
Frequenz:	16.660 Hz
Al:	300 mm²
St:	50 mm²
Cu:	0 mm²
Leiterradius:	12.204 mm
Widerstand [Ohm/km]:	0.094
Anz. der Erdseile:	1
Anz. der Teilleiter:	1
Teilleiter Abstand:	0.000 m
Anz. der Systeme:	2
OK	
Erdseil Nr.:	1
Al:	40 mm²
St:	170 mm²
Cu:	0 mm²
Leiterradius:	9.453 mm
Widerstand [Ohm/km]:	0.374
Erdbodenwiderstand:	50.000 ohmm
Strom:	0.001 A
Phase:	71.069°
Phasenleiter Nr.:	2
Phase:	180.000°
Strom:	740.000 A
Spannung:	95.263 kV

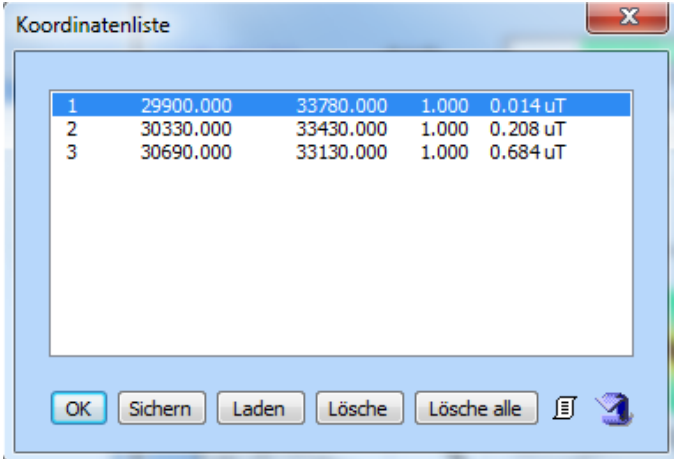
Selektieren Sie per Schalter   System **Nr. 2** und geben Sie für Phasenleiter **Nr. 2** eine Phase von 180° und für Phasenleiter **Nr. 3** eine Phase von 0° ein. Schließen Sie die **Systemkonfiguration** und die **Mastverwaltung** mittels **OK**.

## Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 4

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mittels des Buttons  der Toolbar.

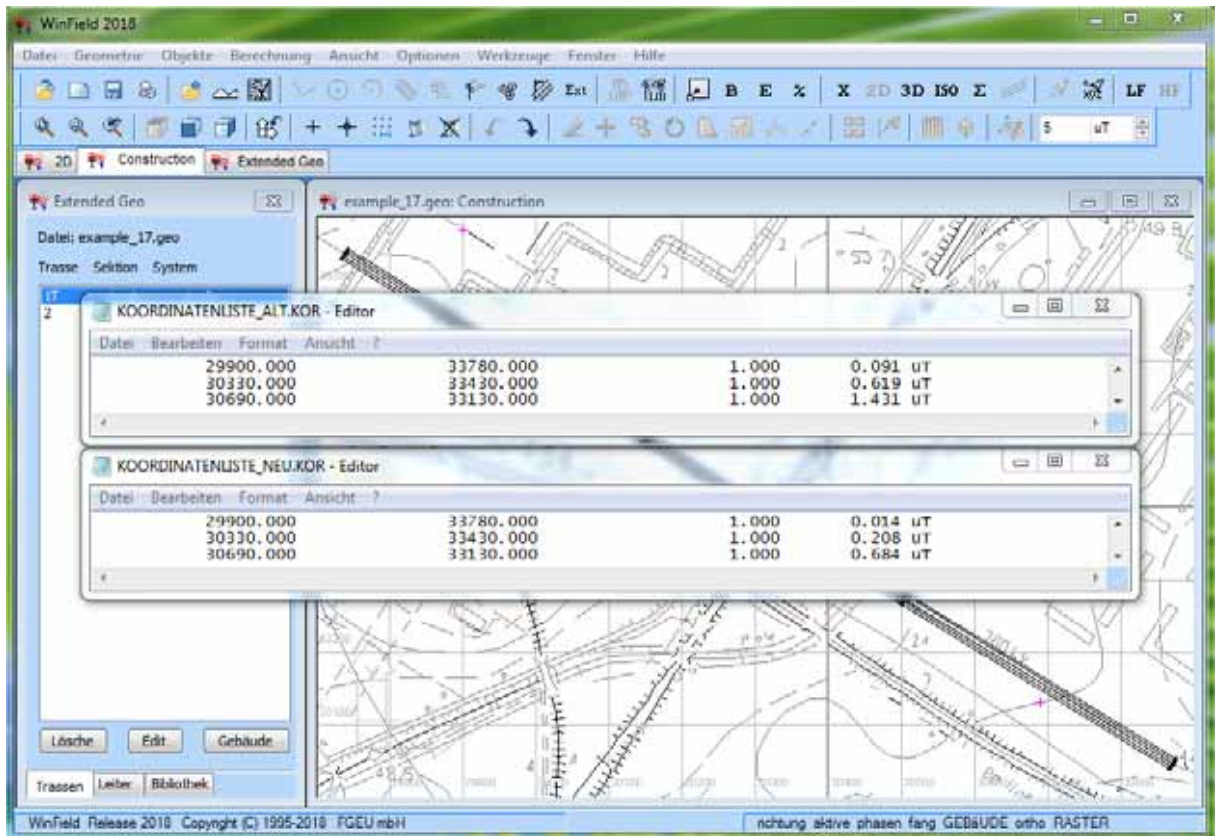


1	29900.000	33780.000	1.000	0.014 uT
2	30330.000	33430.000	1.000	0.208 uT
3	30690.000	33130.000	1.000	0.684 uT

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

## Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 5

Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. An allen drei MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte eine deutliche Verringerung der Immission erzielt werden.




# KAPITEL 6 - BAHNSTROMERDKABEL



Minimierung der Kabelabstände .....	158
Optimierung der Leiteranordnung.....	162
Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung .....	166
Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel.....	170
Optimierung der Verlegetiefe.....	176

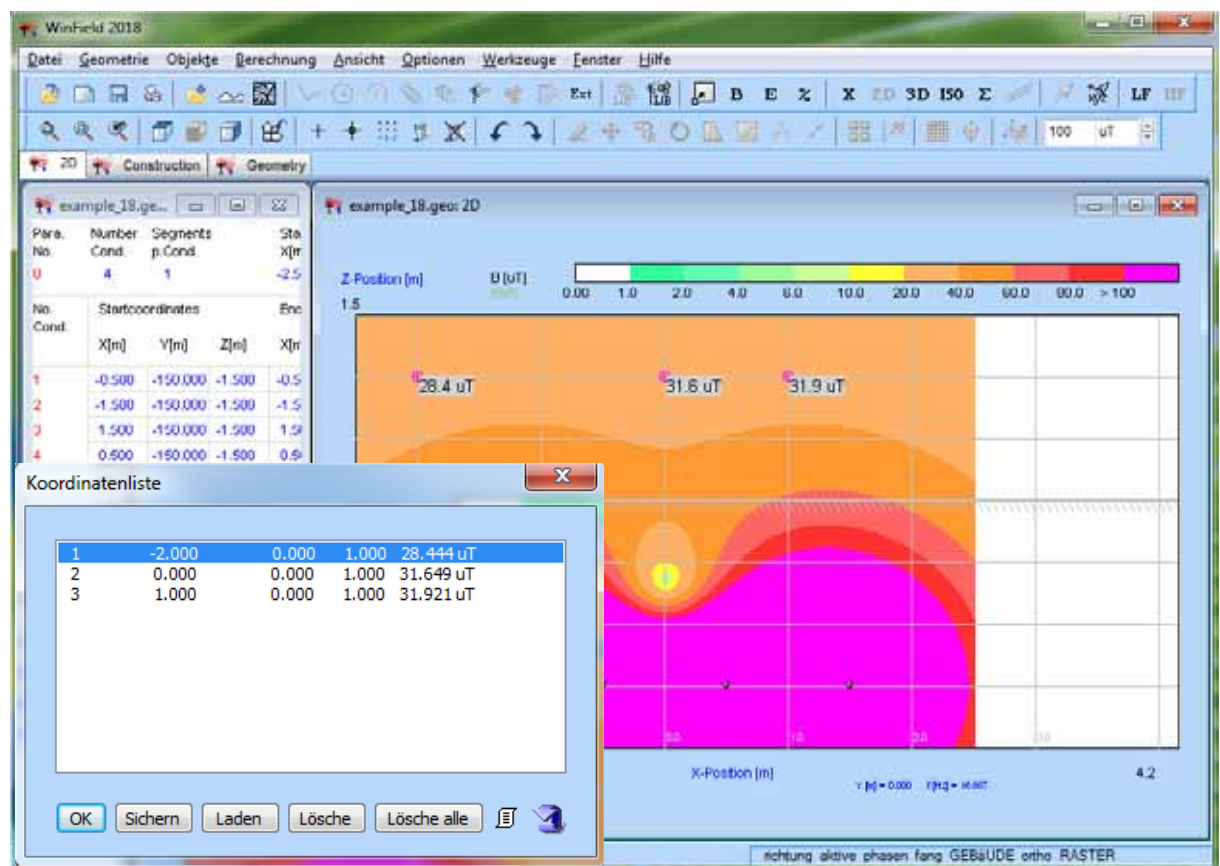


# Minimierung der Kabelabstände: Schritt 1


Die Minimierung am MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch ein Verringern der Abstände zwischen den einzelnen Kabeln und somit durch eine verbesserte Kompensation der magnetischen Flussdichte erreicht.

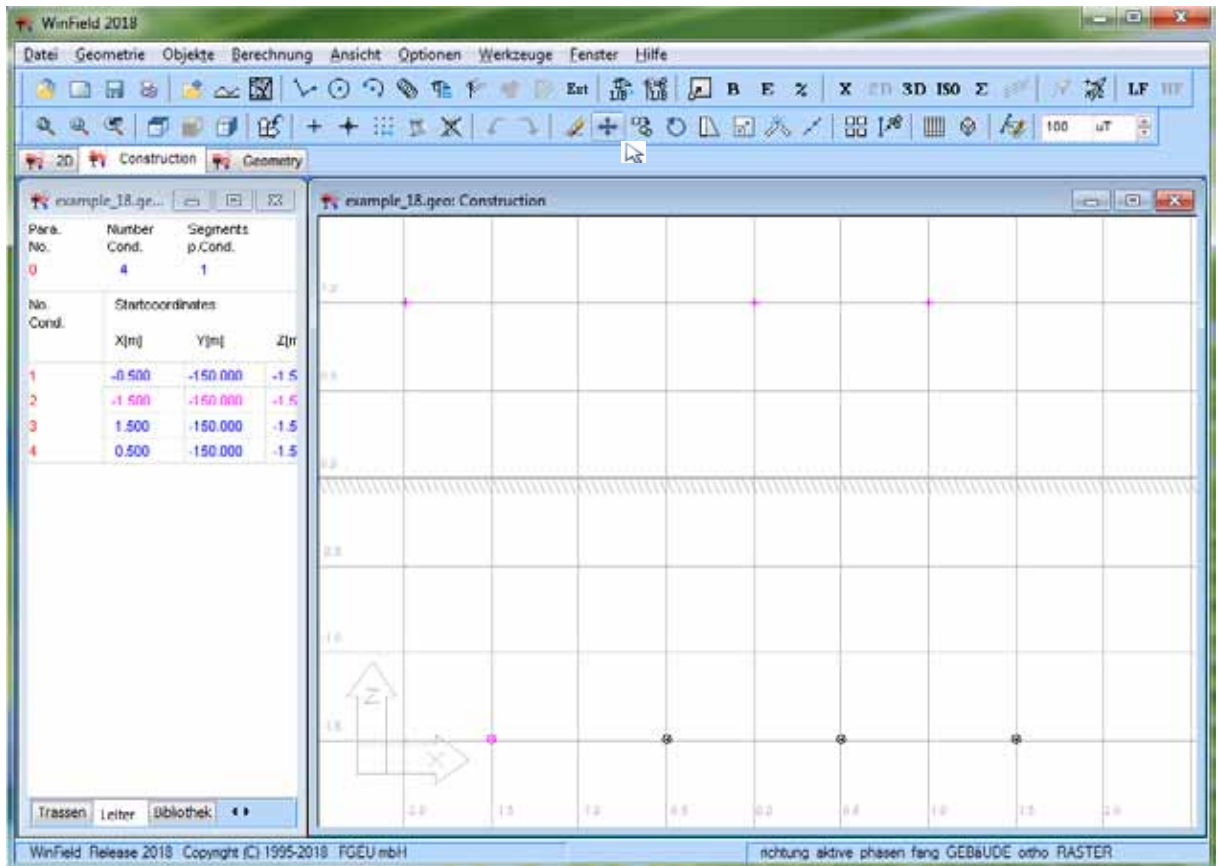
Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel zweier 110-kV-Bahnstrom-Erdkabelsysteme. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_18.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MÄßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

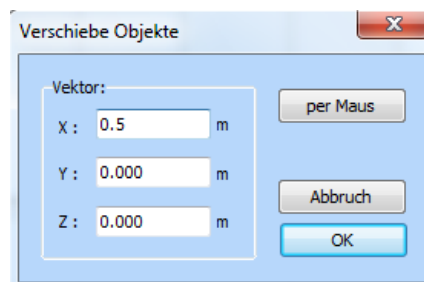


## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 2

Zum Minimieren der Kabelabstände wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster**. Selektieren Sie den linken äußeren Leiter durch Aufziehen eines Rahmens per Maus. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button .



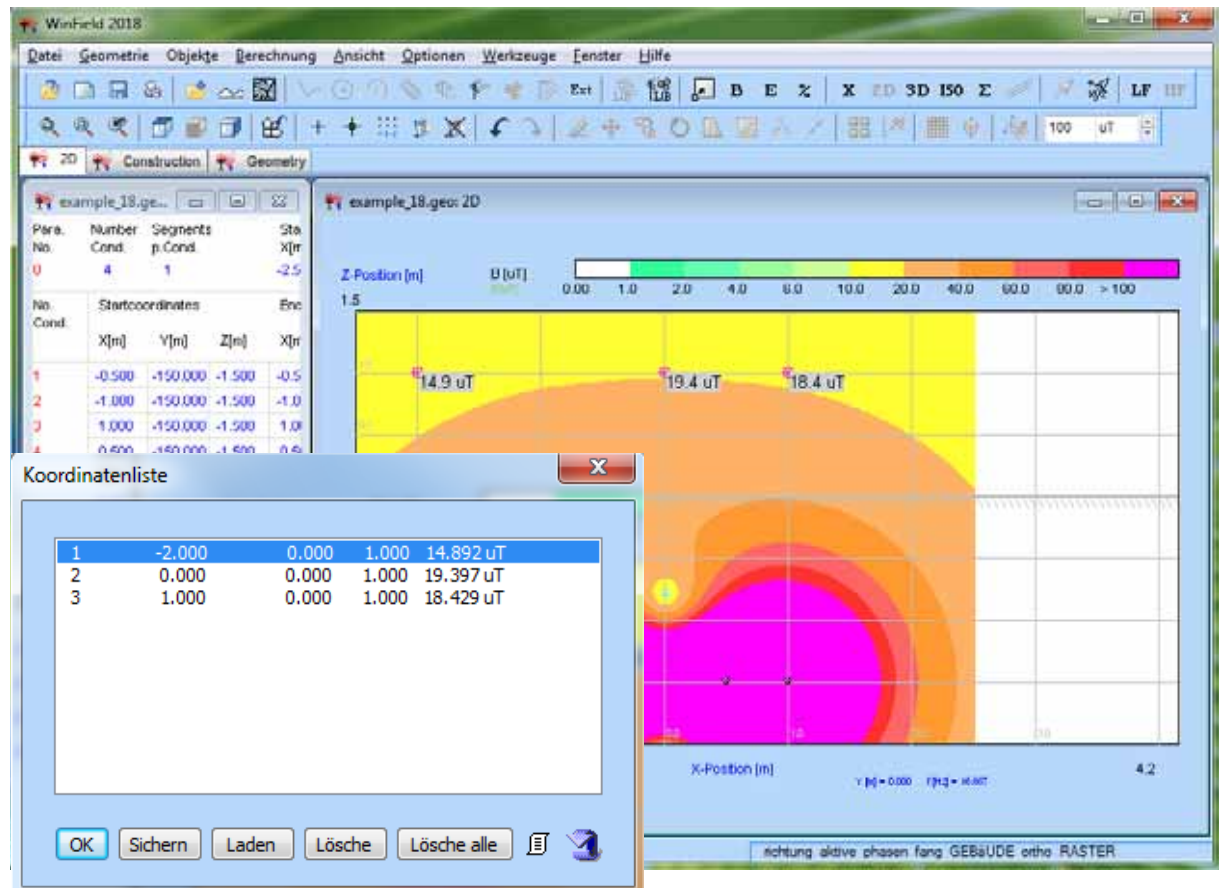
Geben Sie im Dialog **Verschiebe Objekte** für die X-Komponente eine Verschiebung von 0.5 m ein und schließen den Dialog mittels **OK**.



Verfahren Sie analog mit dem rechten äußeren Leiter und verschieben diesen um -0.5 m in X-Richtung.

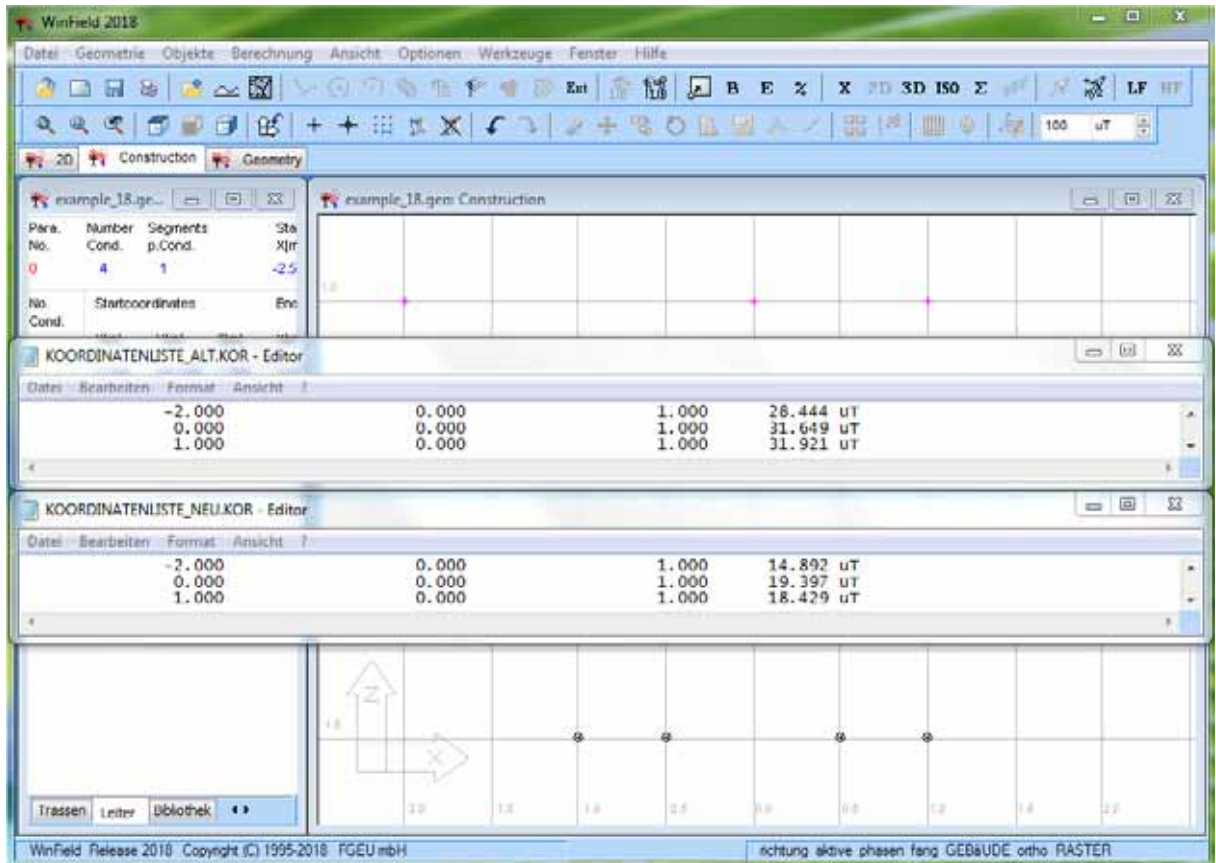
## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 3

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch und öffnen Sie die Koordinatenliste. Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.



## Minimierung der Kabelabstände: Schritt 4


Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine Verringerung der Immission an allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN zu erkennen.





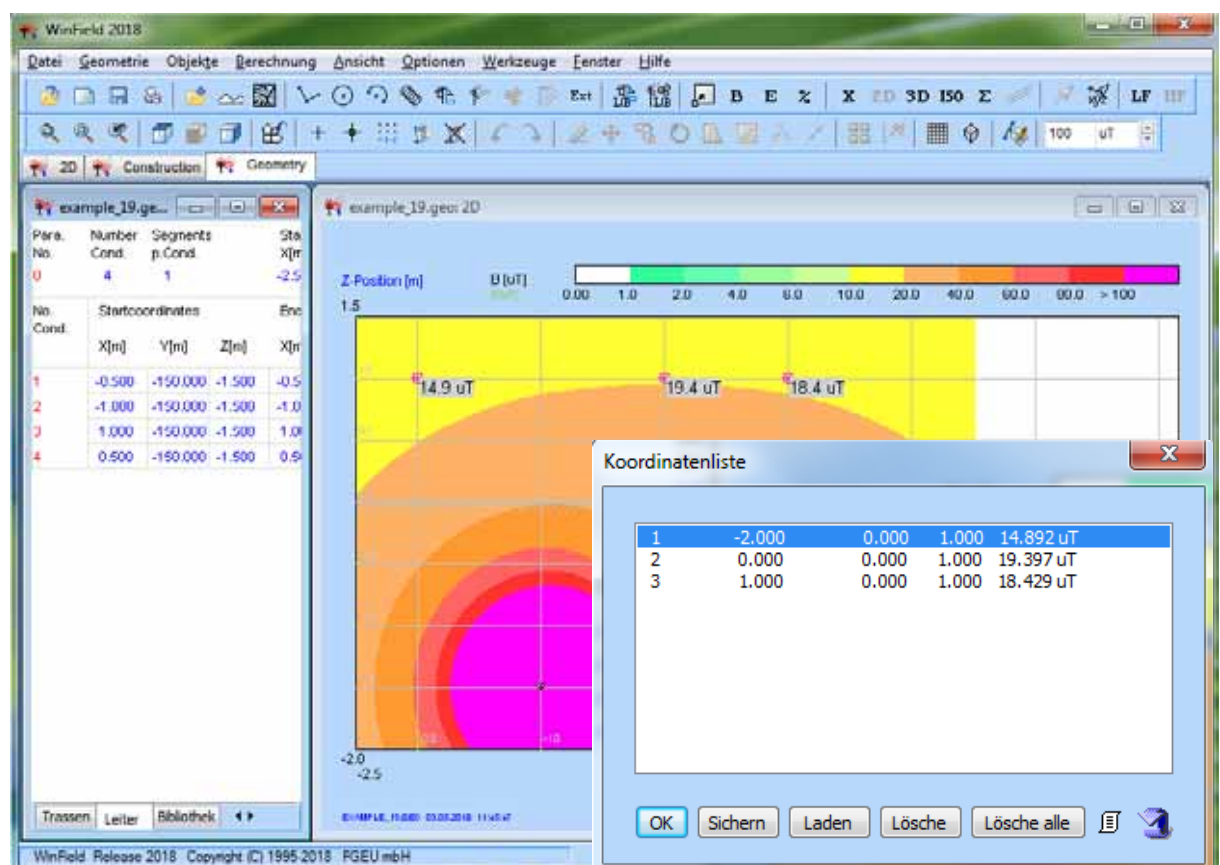


# Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Vertauschung der Phasenfolge der Leiter erreicht (Phasenoptimierung). Bei einer vorgegebenen Leitergeometrie kann so die Kompensation der magnetischen Flussdichte verbessert und damit die Immission an MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN minimiert werden.

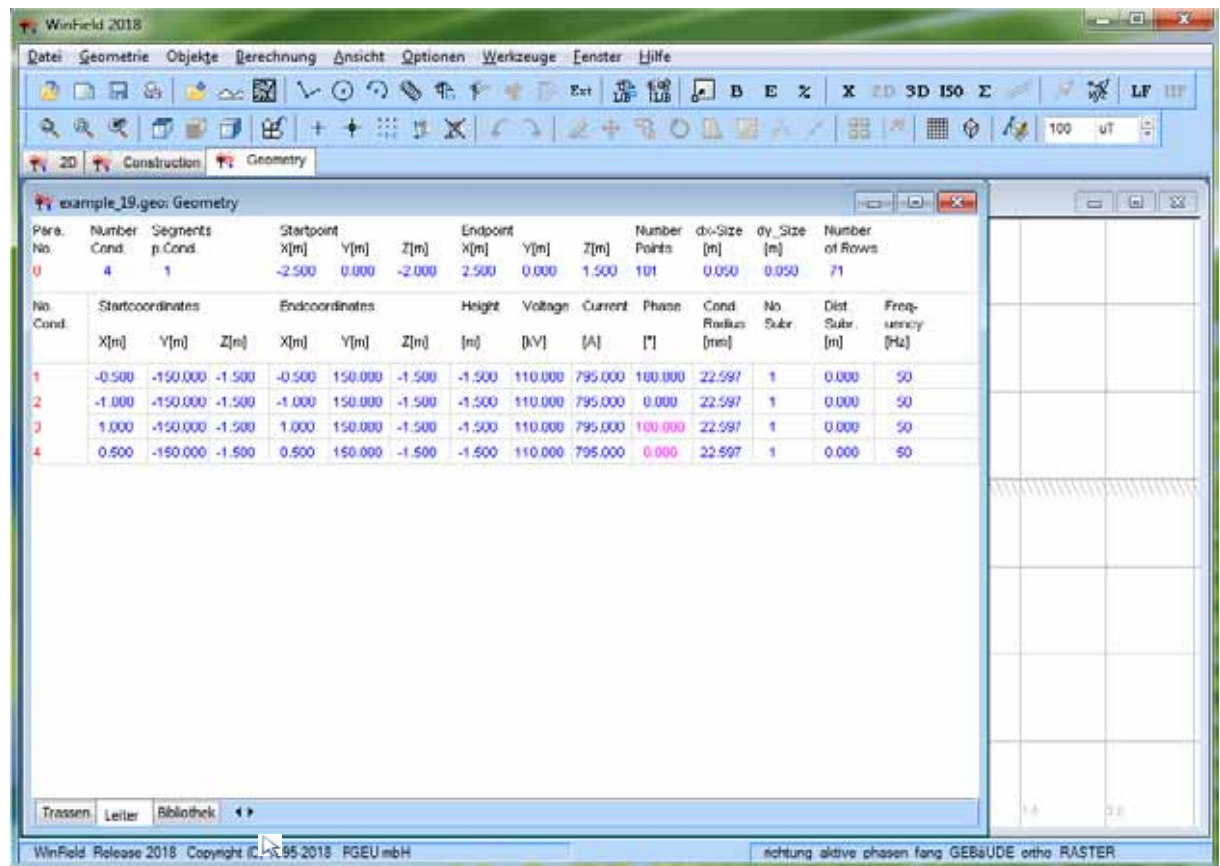
Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel zweier 110-kV-Bahnstrom-Erdkabelsysteme. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_19.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

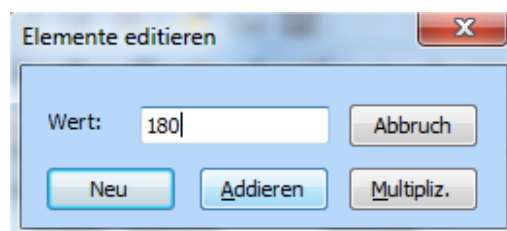


## Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 2

Klicken Sie auf den Reiter **GEOMETRY** um das **Geometriefenster** zu aktivieren. Vergrößern Sie das **Leiterfenster** mittels der Pfeil nach rechts Taste (siehe Mauszeiger). Selektieren Sie durch Klicken auf die entsprechenden Felder die in der folgenden Abbildung selektierten Phasen.

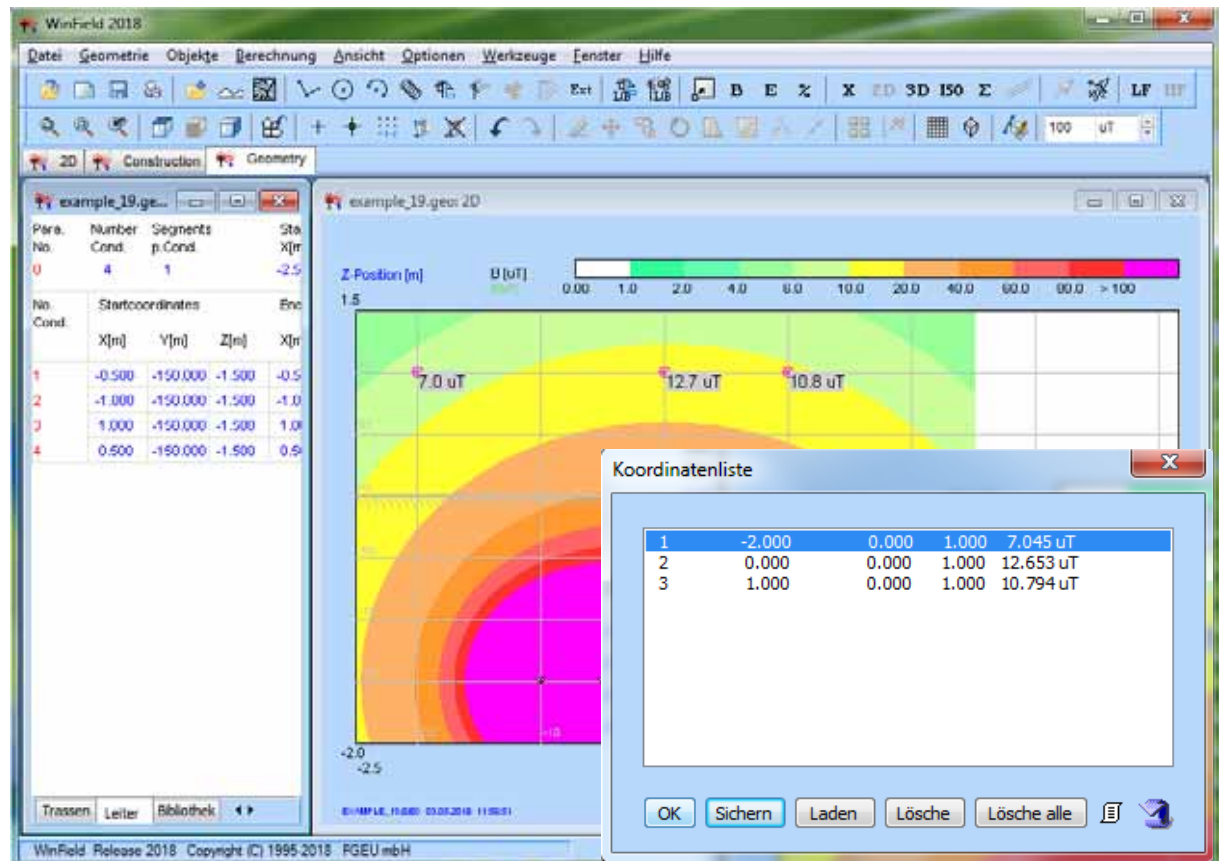


Klicken Sie nun mit der rechten Maustaste auf eine freie Fläche im **Geometriefenster** um den **Elemente editieren** Dialog zu öffnen. Geben Sie in das Feld **180** ein und klicken auf **ADDIEREN**. Dadurch werden den selektierten Phasen jeweils 180° addiert und somit die Phasenfolge der Leiter des zweiten Systems vertauscht.



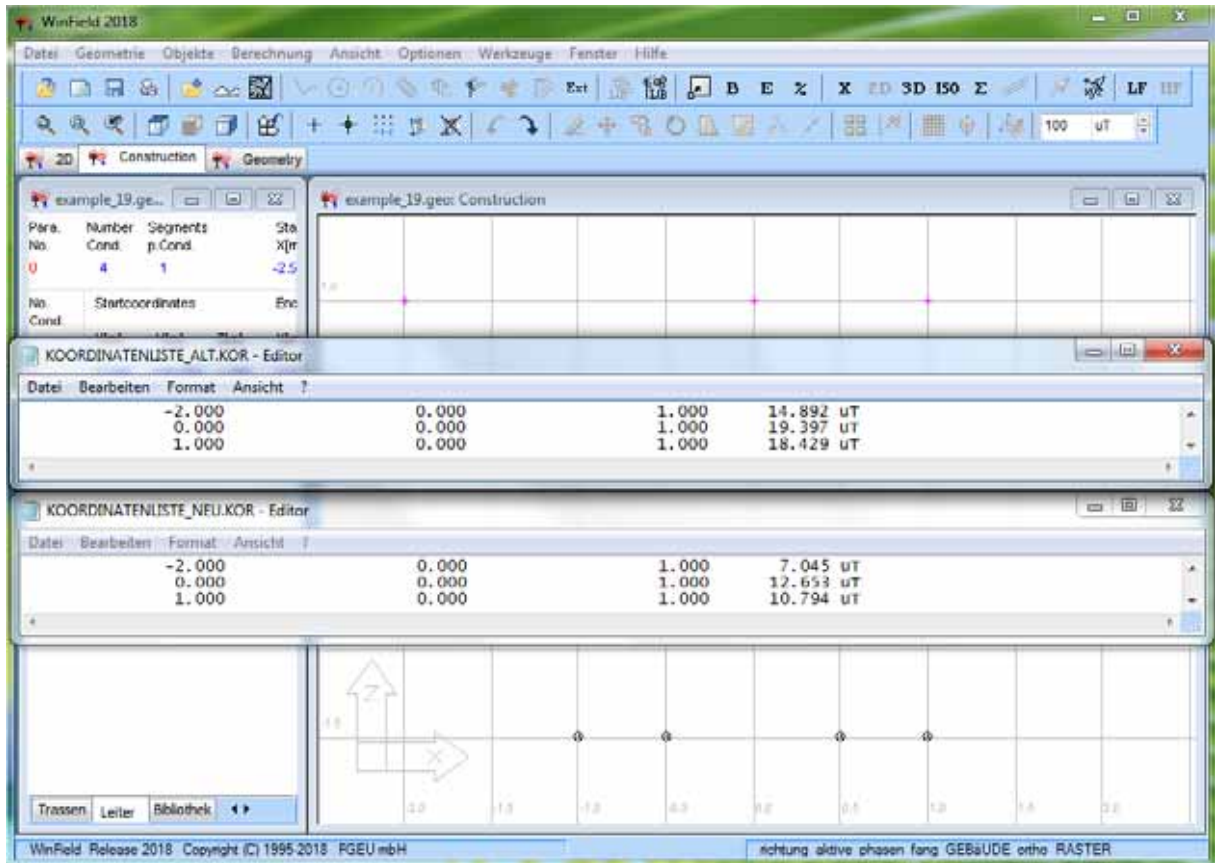
## Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 3

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch und öffnen Sie die Koordinatenliste. Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.



## Optimierung der Leiteranordnung: Schritt 4


Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. An allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSORTEN konnte die Immission verringert werden.





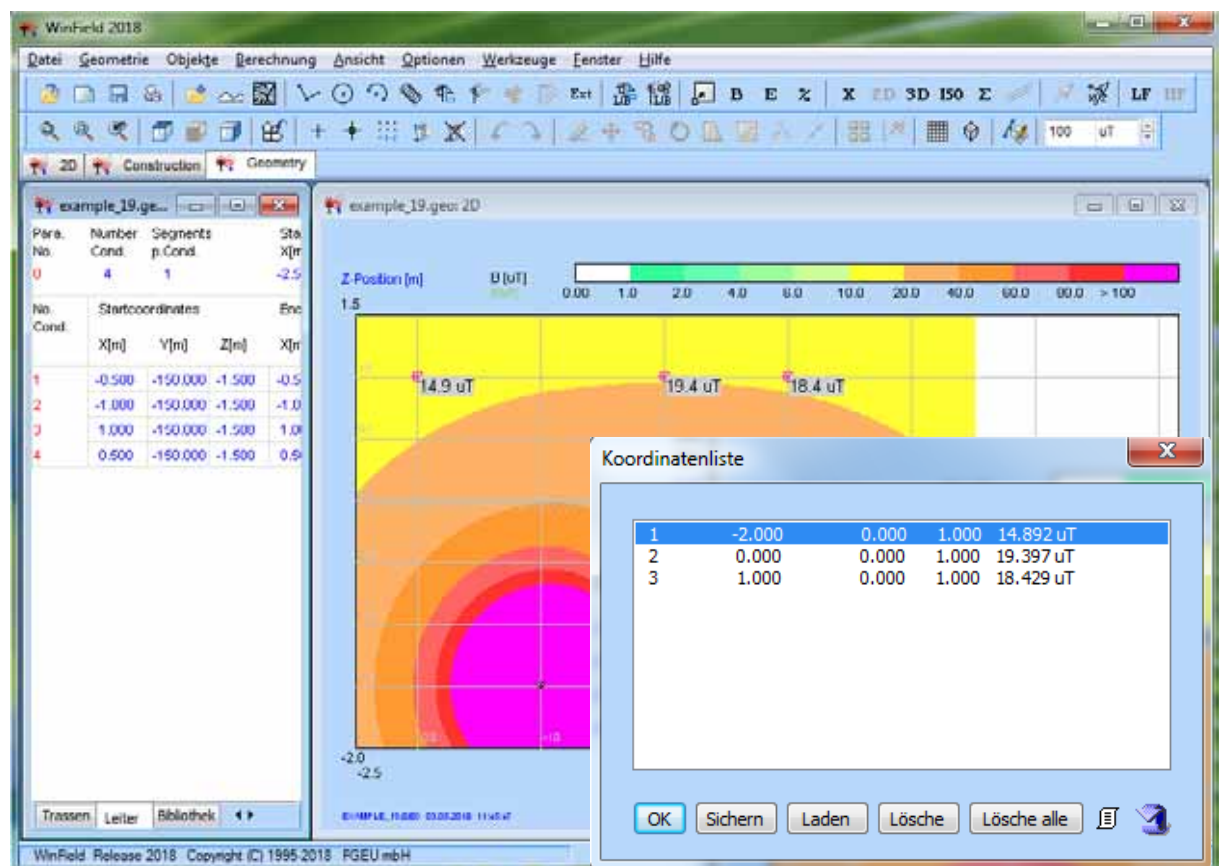


# Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 1


Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Veränderung der Kabelanordnung und somit durch eine verbesserte Kompensation der magnetischen Flussdichte erreicht. In diesem Beispiel wird die horizontale Anordnung der Wechselstromleiter in eine vertikale Anordnung abgeändert.

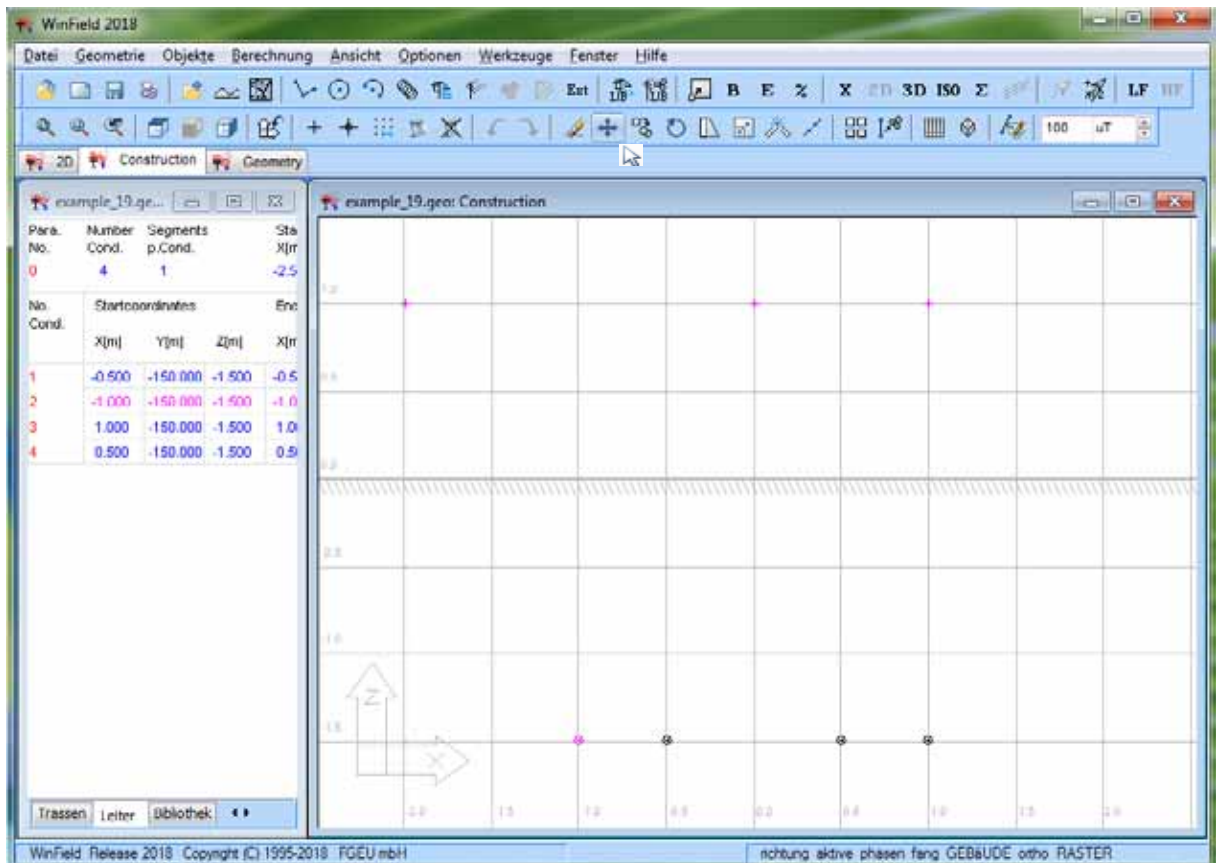
Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel zweier 110-kV-Bahnstrom-Erdkabelsysteme. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_19.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

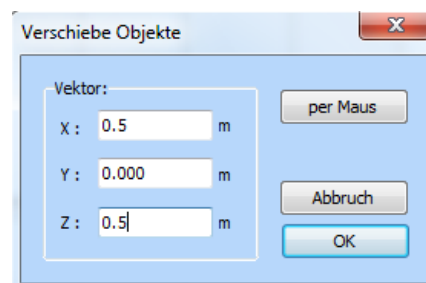


## Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 2

Zum Bearbeiten der Kabelanordnung wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster**. Selektieren Sie den linken äußeren Leiter durch Aufziehen eines Rahmens per Maus. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button .



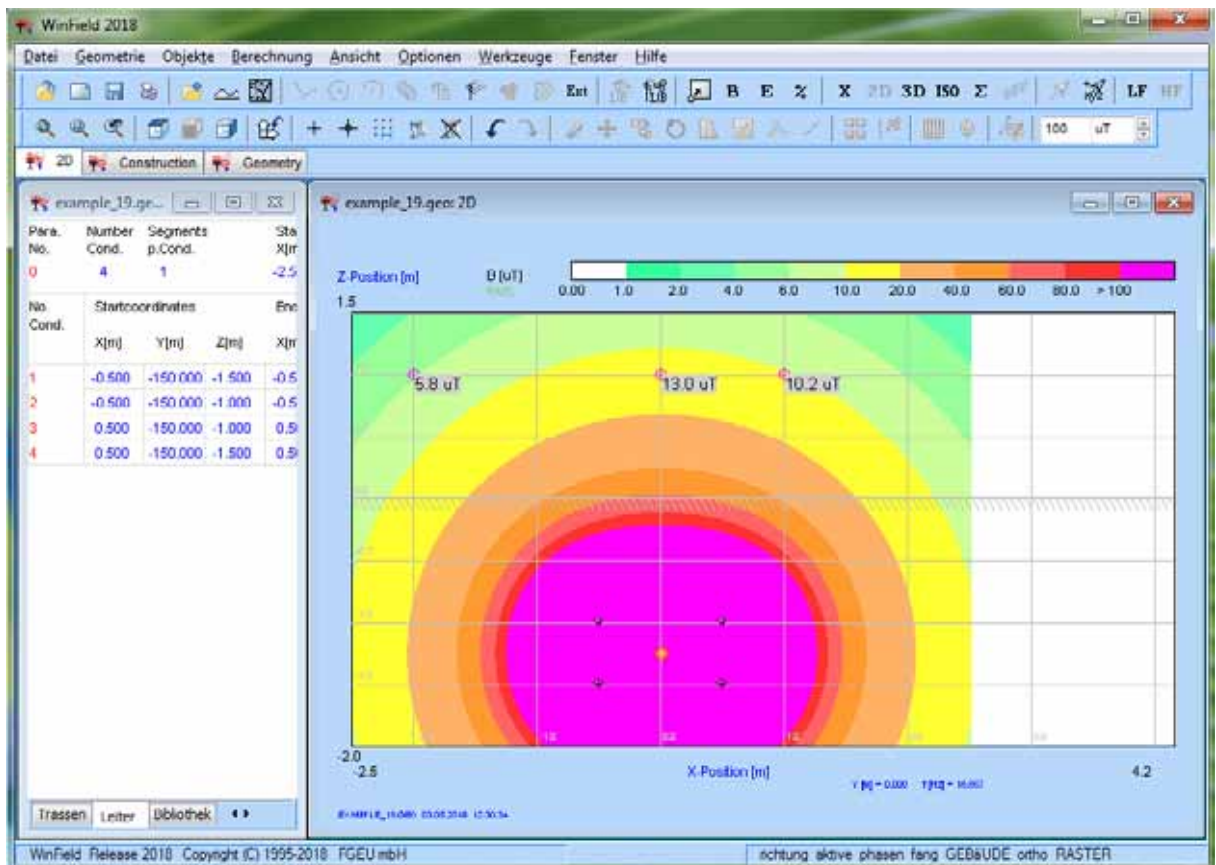
Geben Sie im Dialog **Verschiebe Objekte** für die X- und Z-Komponente eine Verschiebung von 0.5 m ein und schließen den Dialog mittels **OK**.



Verfahren Sie analog mit dem rechten äußeren Leiter und verschieben diesen um -0.5 m in X- sowie um 0.5 m in Z-Richtung.

## Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 3

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch und öffnen Sie die Koordinatenliste. Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.



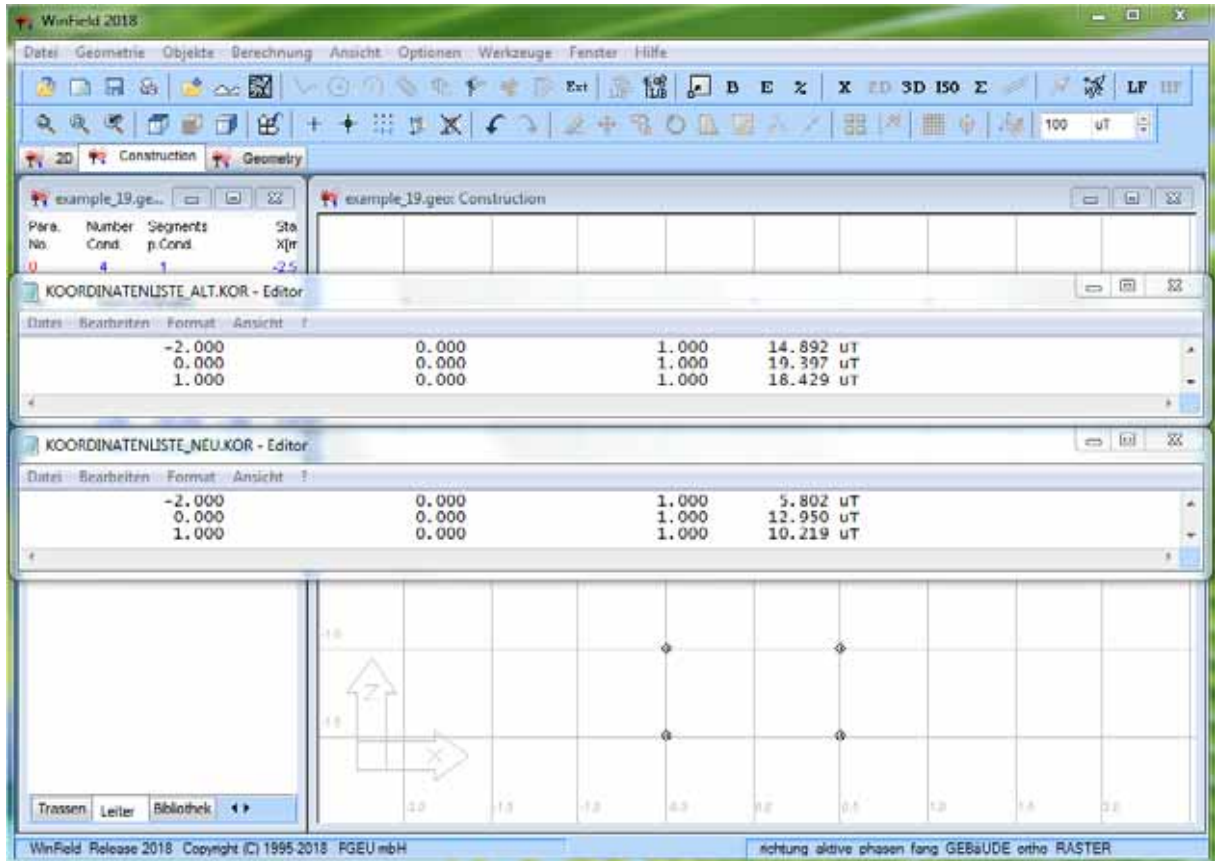
Koordinatenliste

1	-2.000	0.000	1.000	5.802 uT
2	0.000	0.000	1.000	12.950 uT
3	1.000	0.000	1.000	10.219 uT

OK Sichern Laden Lösche Lösche alle

# Optimierung der Verlegegeometrie - Änderung Kabelanordnung: Schritt 4


Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. An allen MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte die Immission verringert werden.





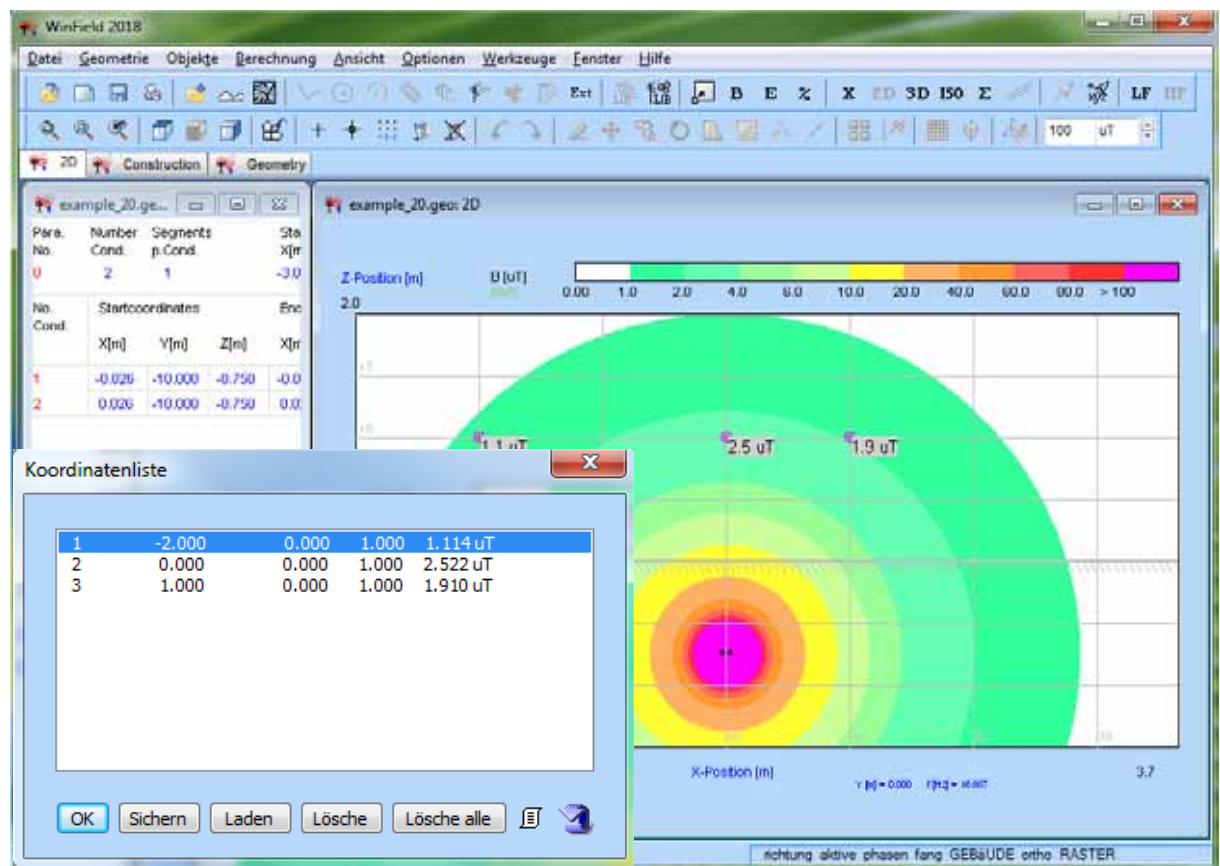


# Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine Verdrillung der Bahnstromkabel und somit durch eine verbesserte Kompensation der magnetischen Flussdichte erreicht.

Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel eines 15-kV-Erdkabelsystems. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_20.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.



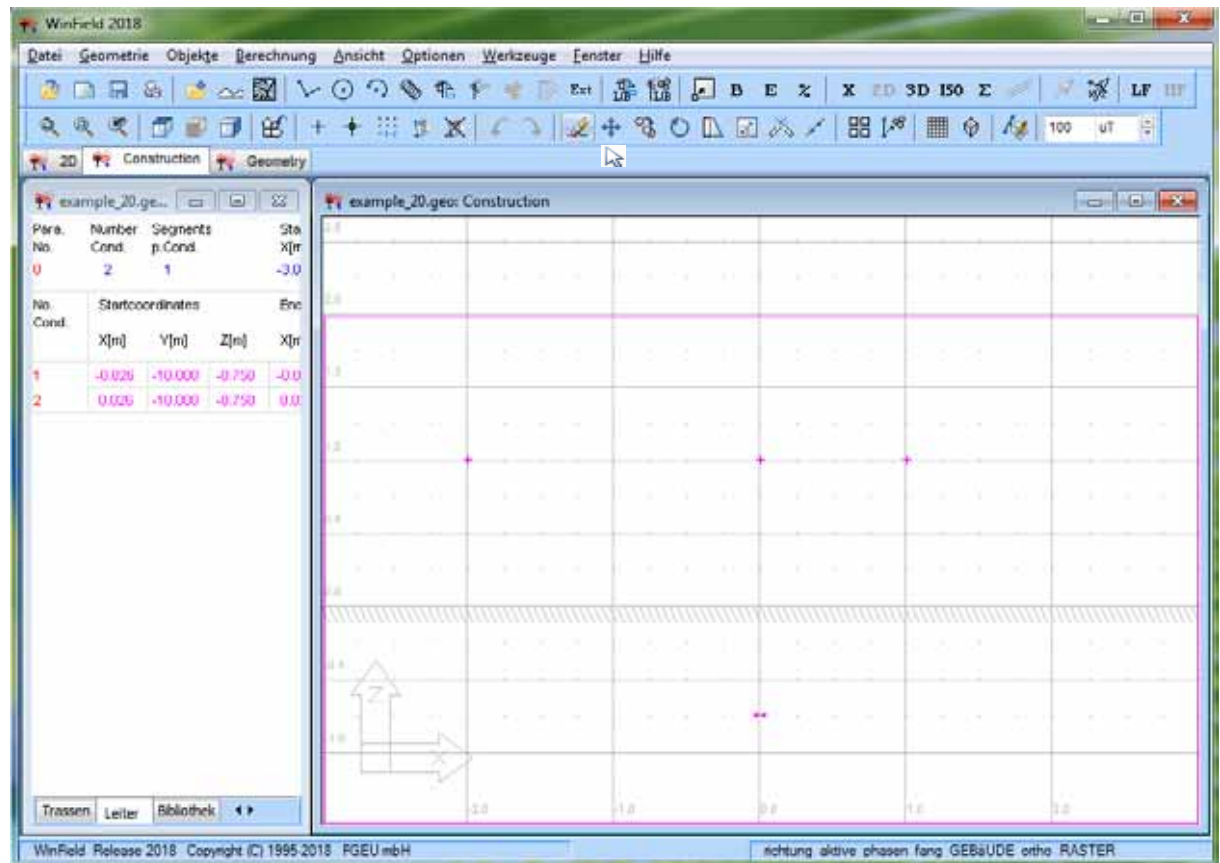
## Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 2

Die Bahnstromkabel werden nun verdrillt. Hierfür nutzen Sie bereits erstellte verdrillte Bahnstromkabel aus der **Blockbibliothek**.


Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster** und selektieren die beiden Leiter durch das Aufziehen eines Rahmens per Maus. Klicken Sie anschließend auf den Button

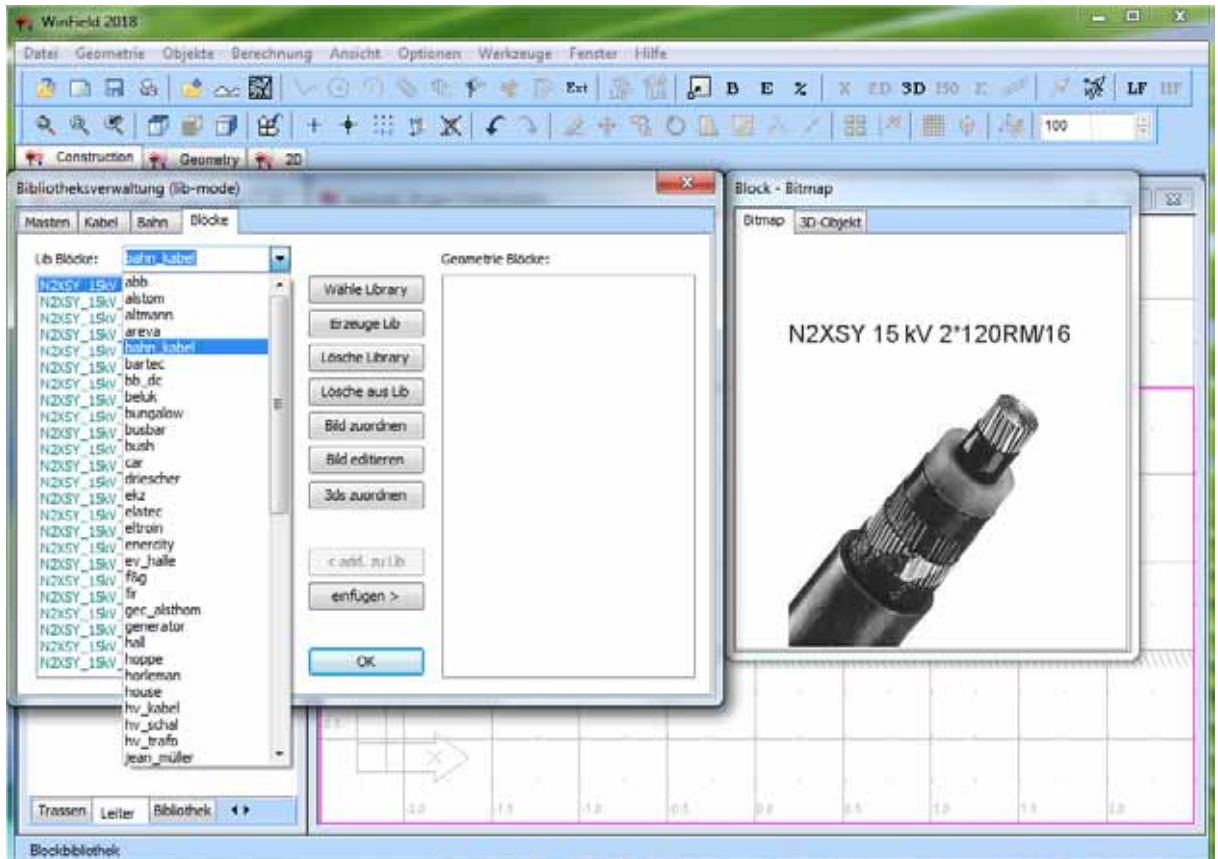


der Toolbar um die selektierten Leiter zu löschen.



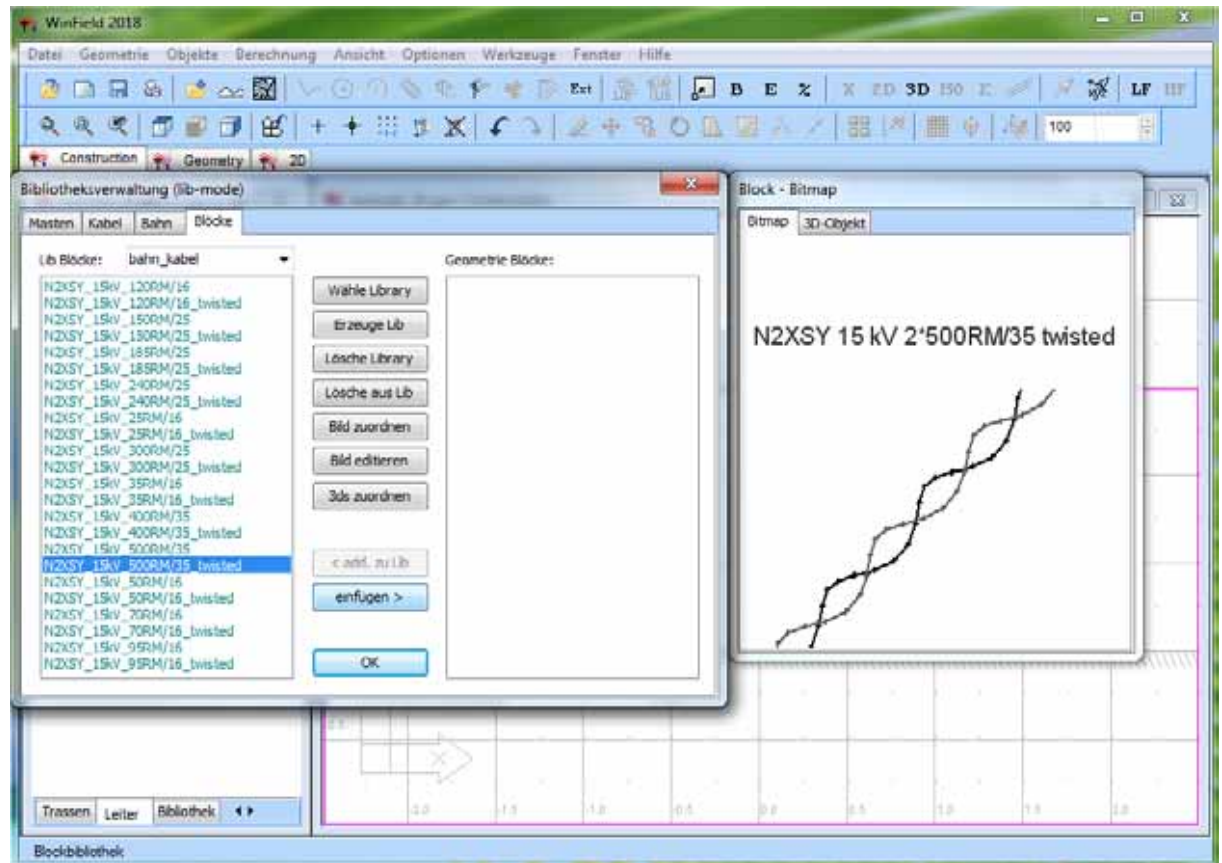
## Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 3

Anschließend wird das verdrehte Kabel eingefügt. Klicken Sie auf den Button  der Toolbar um die **Blockbibliothek** zu öffnen und wählen daraufhin im Drop-Down Menü die 'bahn\_kabel' Bibliothek aus.



## Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 4

In der Liste der Kabel selektieren Sie 'N2XSY\_15 kV\_500RM/35\_twisted' und klicken auf **EINFÜGEN**.



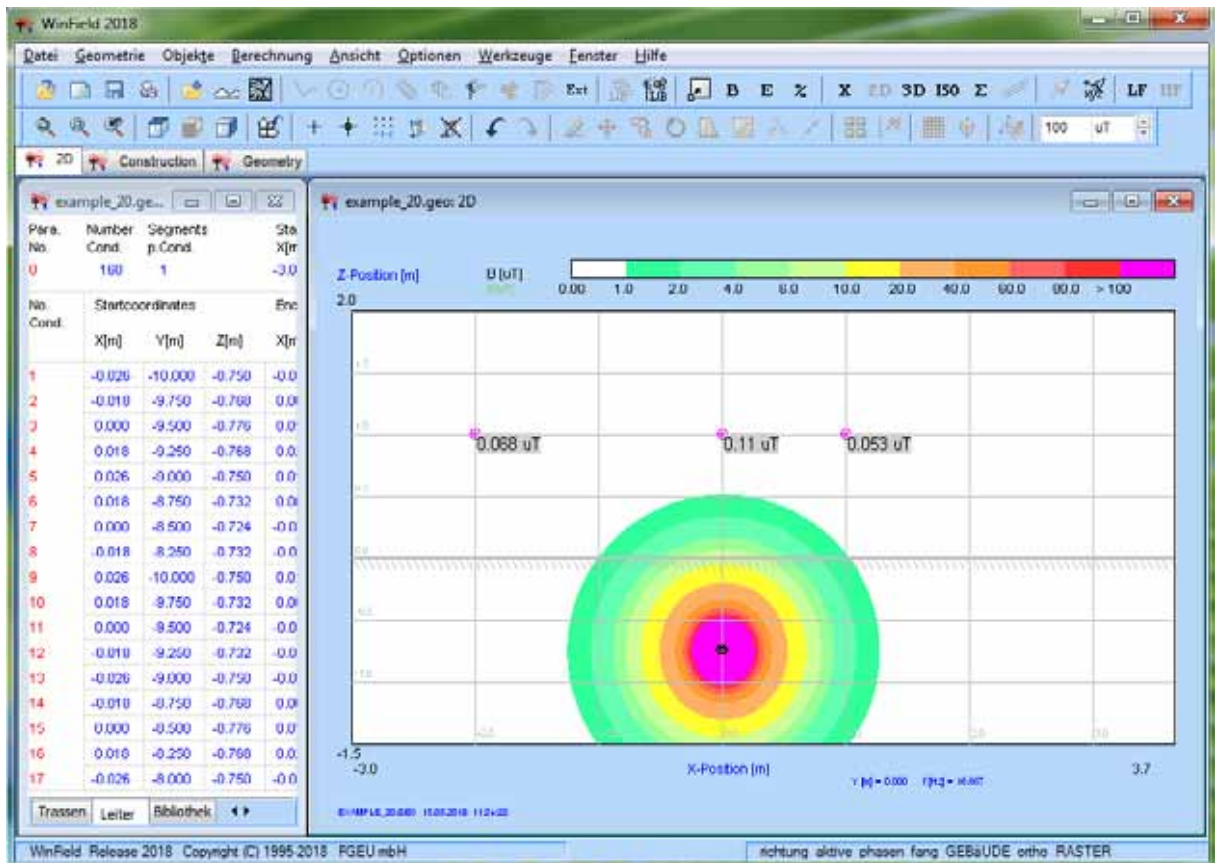
Es öffnet sich der folgende **Block einfügen** Dialog. Geben Sie in diesem als Einfügepunkt die Koordinate (0.00; -10.00; -0.75) ein, wie in der folgenden Abbildung dargestellt und bestätigen den Dialog mittels **OK**. Schließen Sie anschließend auch die **Blockbibliothek** mittels **OK**.





## Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 5

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mit dem Button  der Toolbar.

The 'Koordinatenliste' dialog box displays the following table:

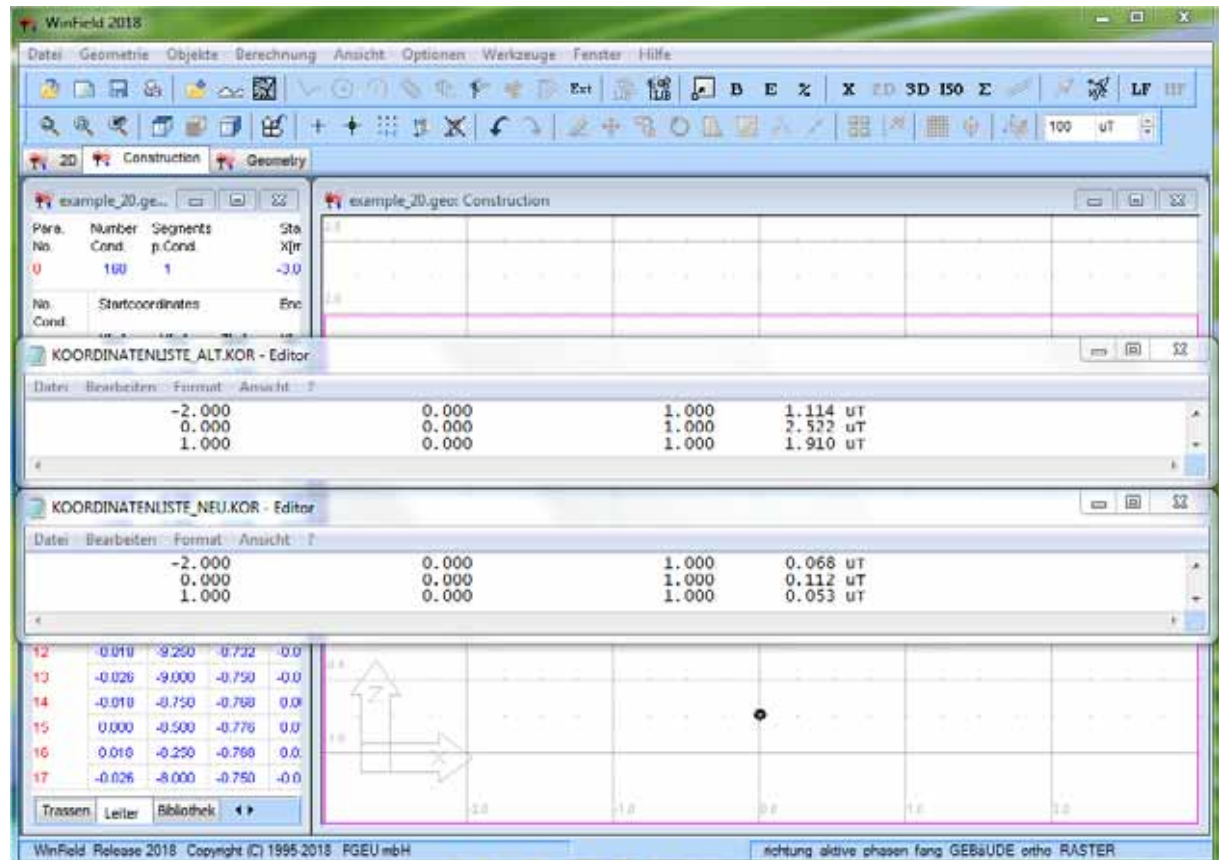
1	-2.000	0.000	1.000	0.068 uT
2	0.000	0.000	1.000	0.112 uT
3	1.000	0.000	1.000	0.053 uT

Buttons at the bottom: OK, Sichern, Laden, Lösche, Lösche alle, and a print icon.

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.


## Optimierung der Verlegegeometrie - Verdrillung der Kabel: Schritt 6



Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine deutliche Verringerung der Immission an allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu erkennen.

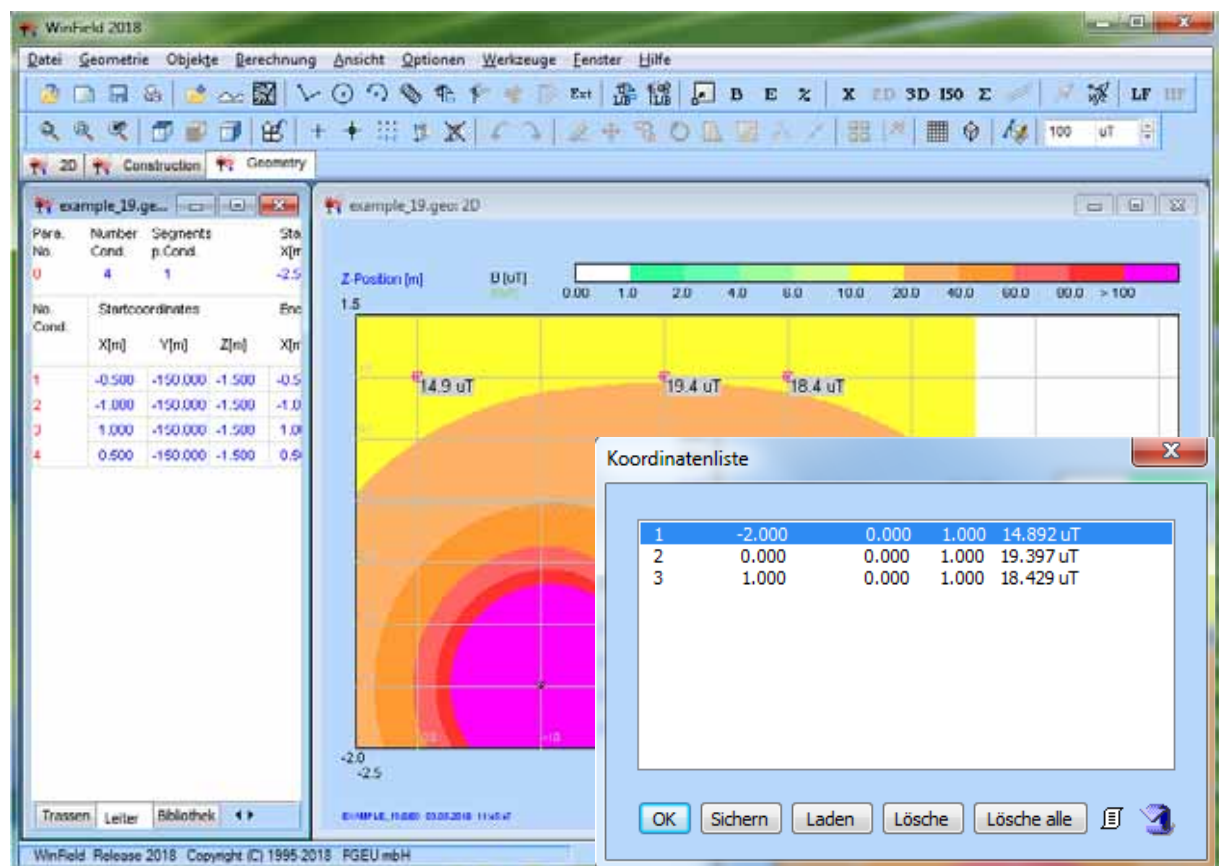


# Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 1


Die Minimierung am MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGORT wird hier durch die Vergrößerung des Abstandes zwischen Kabel und MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGORT erreicht. In diesem Beispiel werden die Kabel einen halben Meter tiefer verlegt.

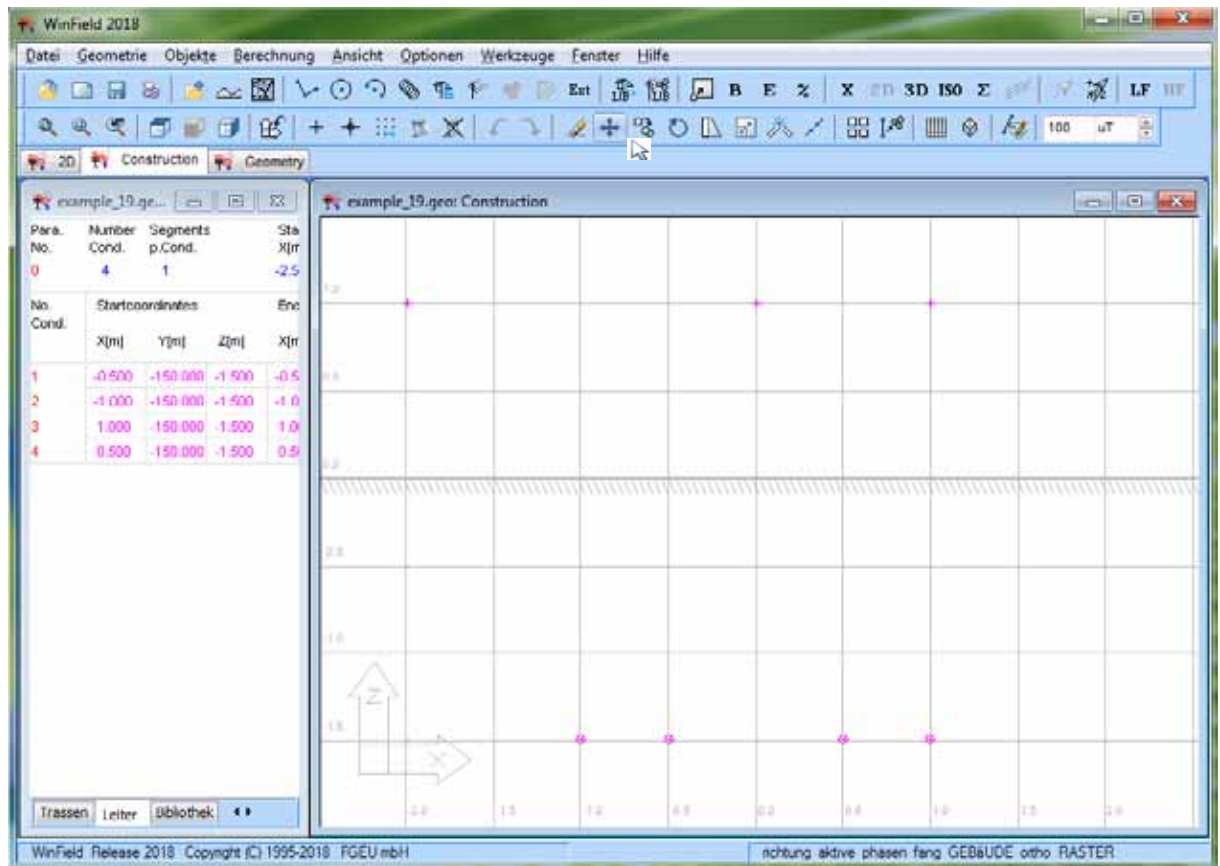
Zur Minimierung der Immission nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel zweier 110-kV-Bahnstrom-Erdkabelsysteme. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_19.geo' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MÄßGEBLICHE MINIMIERUNGORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

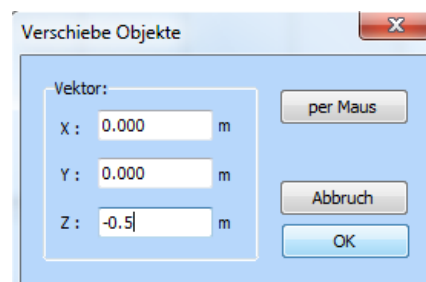


## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 2

Um den Abstand zu den MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu vergrößern, wird das Kabel um 0.5 m nach unten verschoben. Wechseln Sie dazu in das **Konstruktionsfenster** und selektieren Sie alle Leiter durch Aufziehen eines Rahmens per Maus. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button .



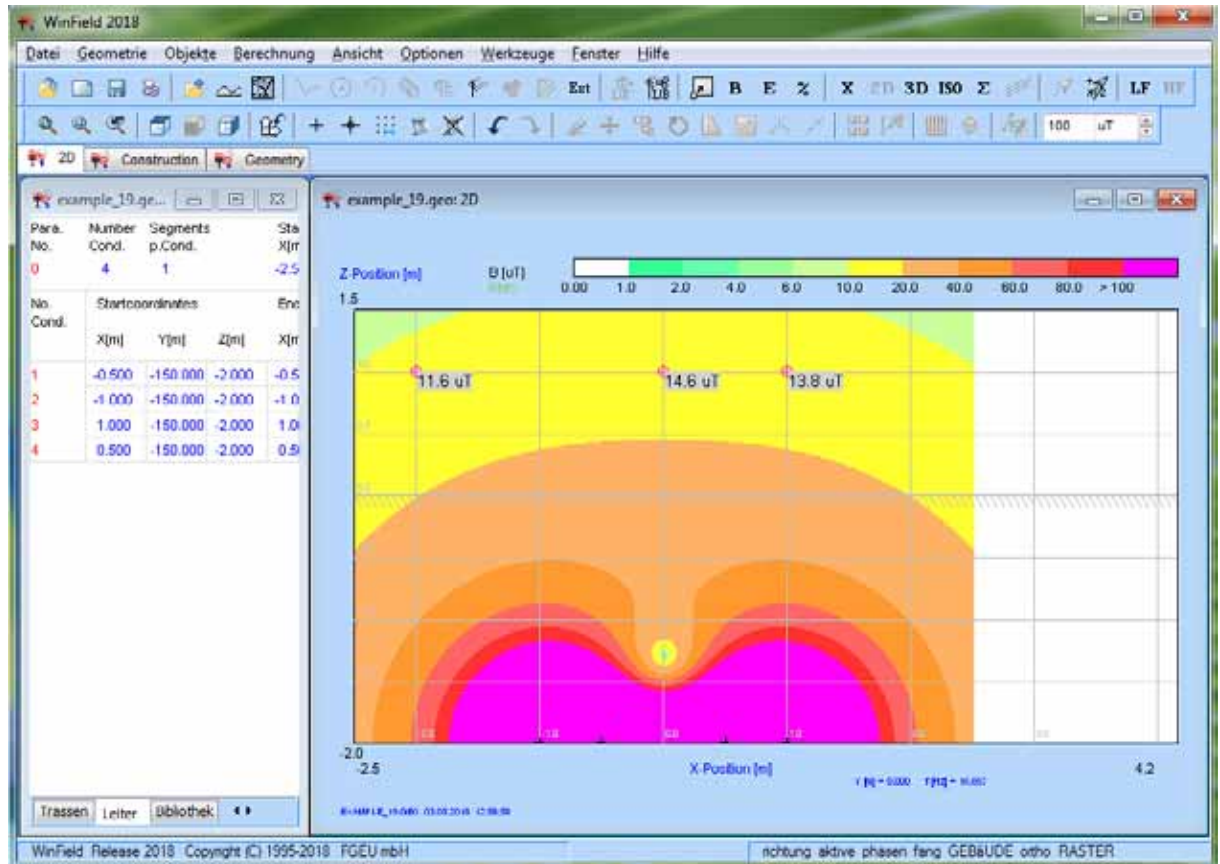
Es öffnet sich der folgende **Verschiebe Objekte** Dialog. Geben Sie für die Verschiebung in Z-Richtung -0.5 m ein und schließen den Dialog mittels **OK**.






## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 3

Führen Sie nun mittels des Buttons **B** der Toolbar eine Berechnung der magnetischen Flussdichte durch.



Öffnen Sie anschließend erneut die Koordinatenliste mit dem Button  der Toolbar.

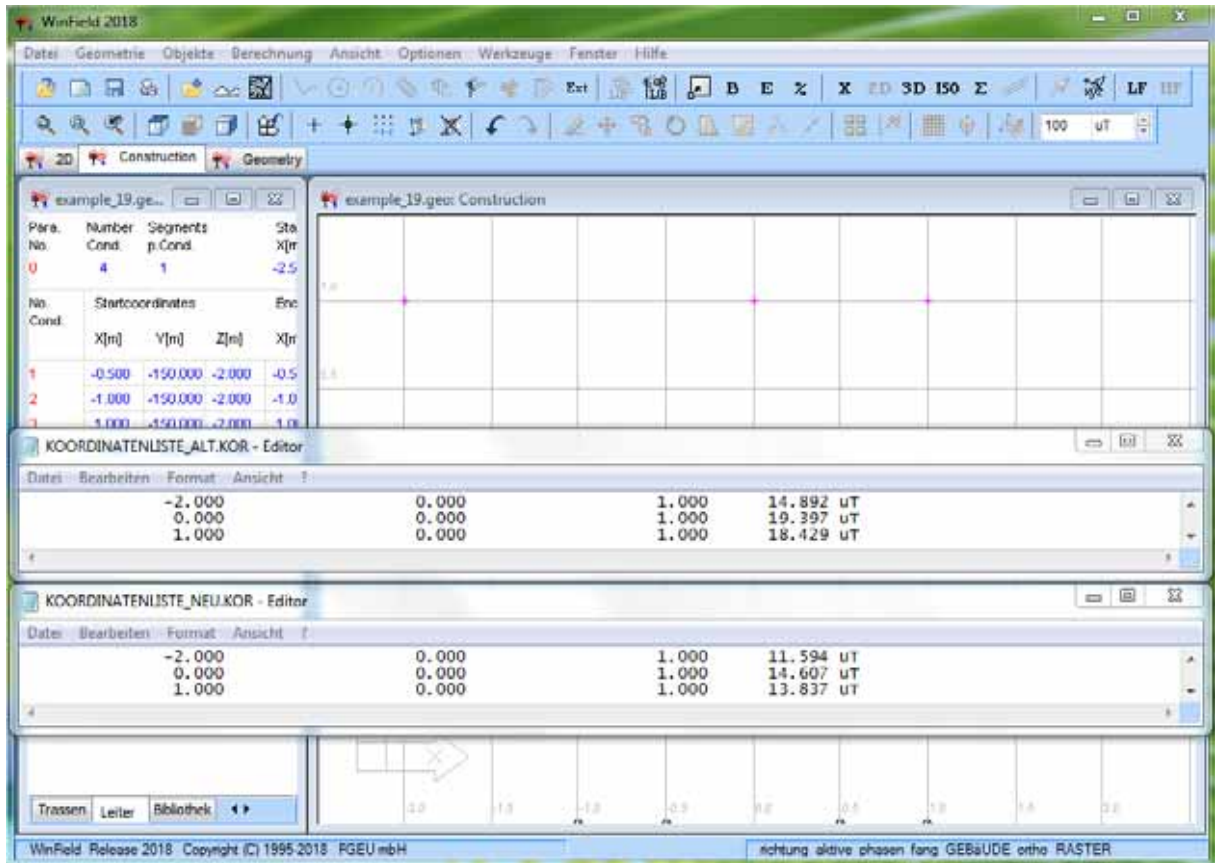
1	-2.000	0.000	1.000	11.594 uT
2	0.000	0.000	1.000	14.607 uT
3	1.000	0.000	1.000	13.837 uT

Buttons: OK, Speichern, Laden, Lösche, Lösche alle, 

Diese enthält bereits die neuen magnetischen Flussdichten für die jeweiligen Koordinaten. **SICHERN** Sie diese unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

## Optimierung der Verlegetiefe: Schritt 4

Hier folgt noch ein Vergleich der Ergebnisse. Es ist eine Verringerung der Immission an allen MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSPORTEN zu erkennen.






# KAPITEL 7 - ORTSNETZUMSPANN- STATIONEN

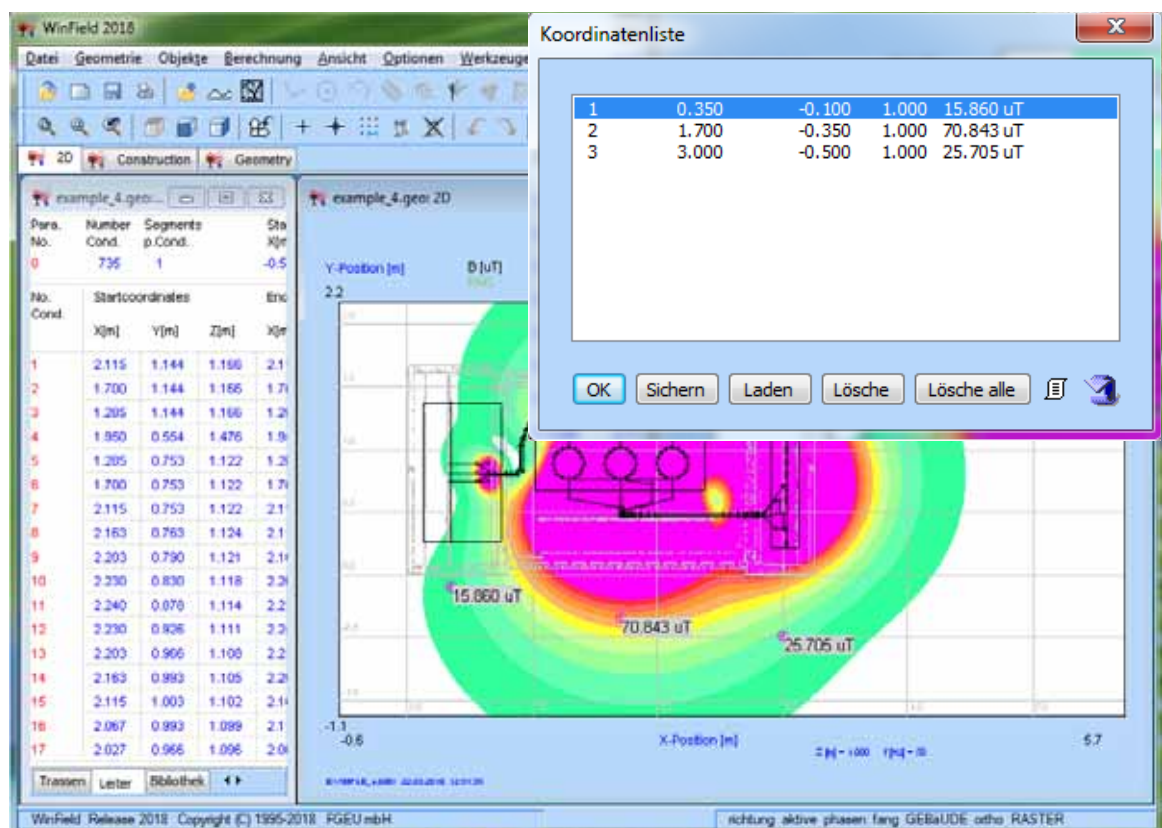
Abstandsoptimierung - Ausrichtung der NS-Seite von Trafos .....	181
Abstandsoptimierung - Verlegung von Kabeln .....	186
Minimierung der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung .....	192

# Abstandsoptimierung - Ausrichtung der NS-Seite von Trafos: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch ein Ausrichten (bzw. eine Drehung) der Niederspannungsseite des Transformators auf die von den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN abgewandte Seite erreicht.

Zur Minimierung der Immission einer Ortsnetzumspannstation nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel bestehend aus einer Mittelspannungs-Schaltanlage, einem Transformator und einer Niederspannungsverteilung. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_4' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.




**Hinweis:** Der Begriff Minimierung meint hier und im Folgendem die maximal mögliche Reduzierung der von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen ausgehenden elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung der Gegebenheiten im Einwirkungsbereich am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT.

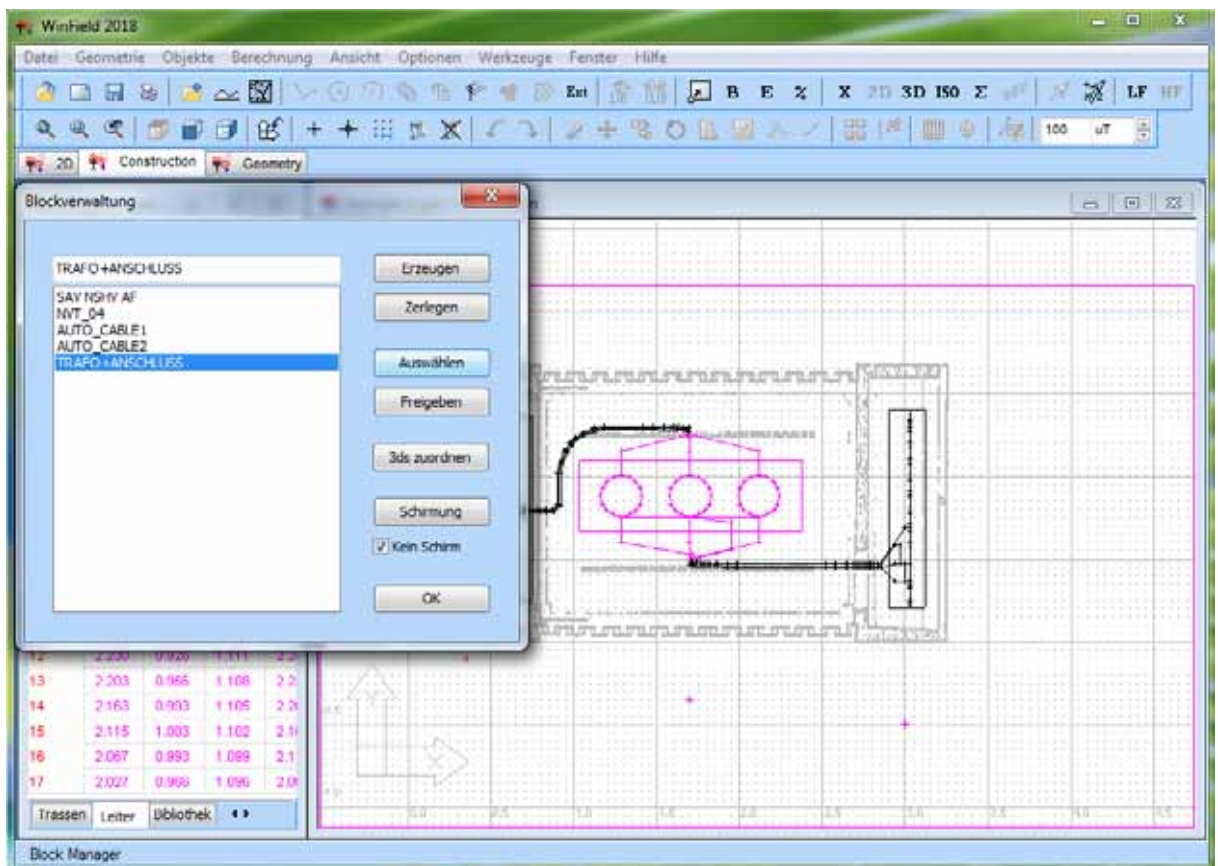
**Hinweis:** Der Begriff MAßGEBLICHER MINIMIERUNGSSORT meint hier und im Folgendem ein im Einwirkungsbereich der jeweiligen Anlage liegendes Gebäude oder Grundstück im Sinne des § 4 Absatz 1 26. BImSchV sowie jedes Gebäude oder Gebäudeteil, das zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.



## Abstandsoptimierung - Ausrichtung der NS-Seite von Trafos: Schritt 2

Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster**. Um den Abstand zwischen den Niederspannungsanschlüssen des Transformators und den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN zu vergrößern, selektieren Sie nun den Transformator mit dessen Anschlüssen aus.

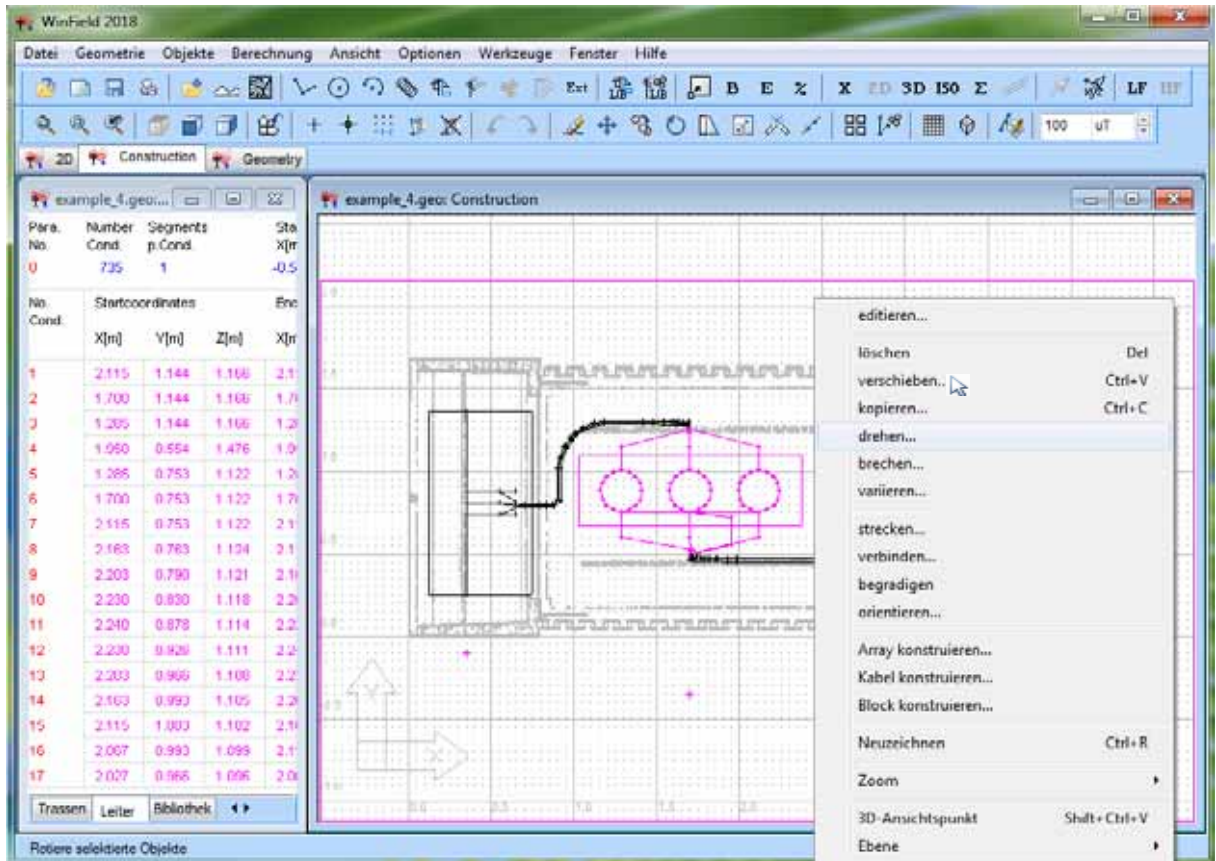
Klicken Sie dazu auf den Button  der Toolbar, wählen in der sich öffnenden **Blockverwaltung** den Block 'TRAFO+ANSCHLUSS' und klicken auf **AUSWÄHLEN**. Schließen Sie dann das Fenster mittels **OK**.



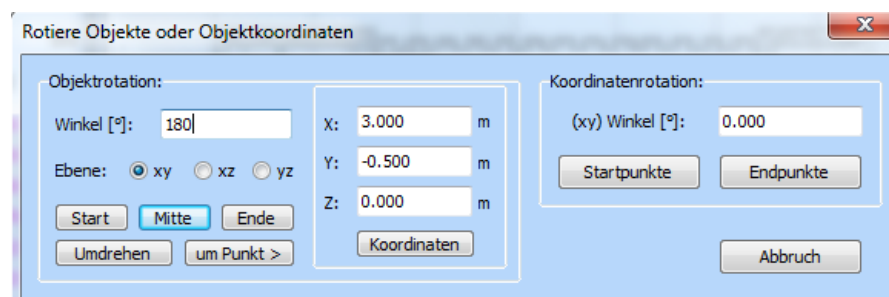
**Hinweis:** Falls der Trafo nicht als Block besteht, so wählen Sie diesen durch Aufziehen eines Rahmens per Maus aus.

## Abstandsoptimierung - Ausrichtung der NS-Seite von Trafos: Schritt 3

Klicken Sie anschließend mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche im **Konstruktionsfenster** und wählen Sie im sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Befehl **DREHEN...** aus.



Es öffnet sich der **Rotiere Objekte oder Objektkoordinaten** Dialog. Geben Sie im Bereich **Objektrotation** als Winkel den Wert **180°** ein und klicken Sie auf **MITTE**.

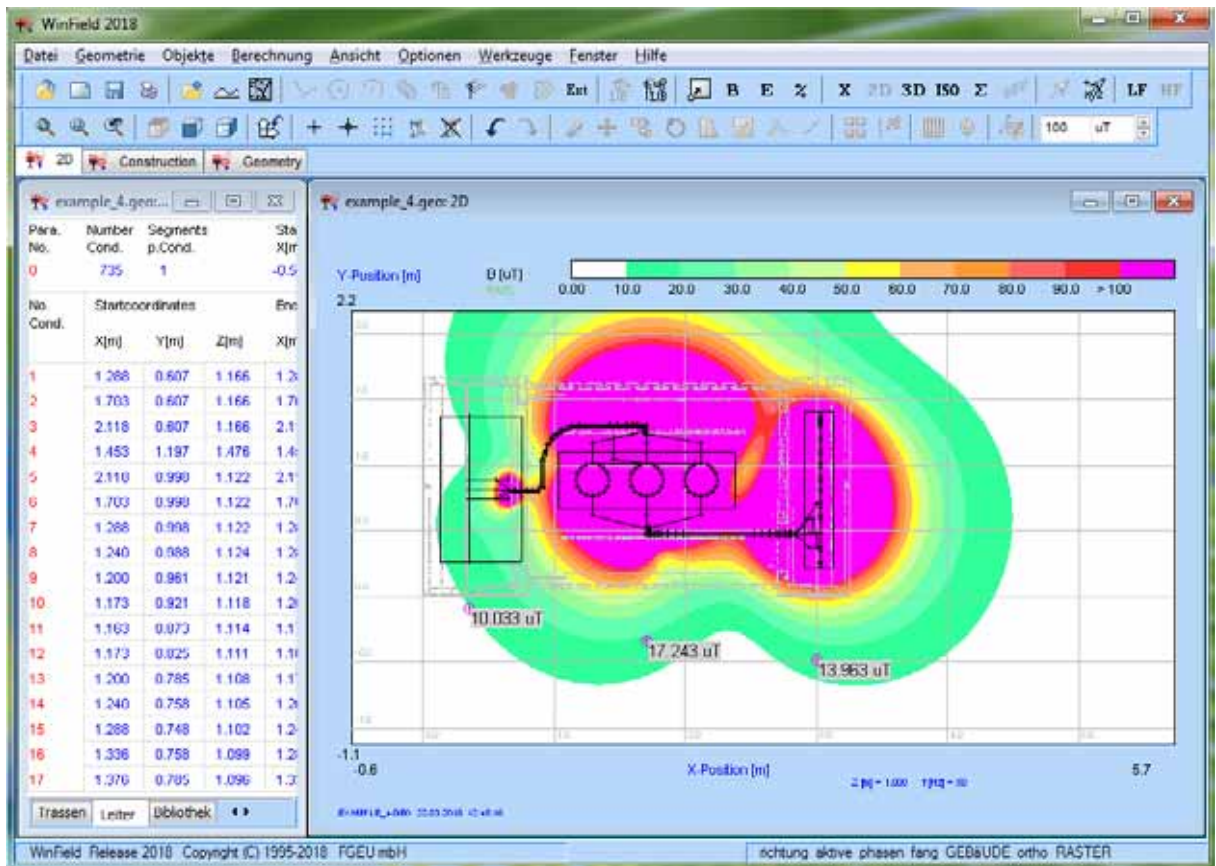



Der Transformator wird dadurch um den Mittelpunkt aller Leiter gedreht, so dass nun die Niederspannungsanschlüsse auf der von den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSTYPEN abgewandten Seite liegen.

**Hinweis:** Die Kabel werden im Beispiel nicht verändert, weil die Transformatorkerzen aufgrund der größeren Phasenabstände den überwiegenden Einfluss auf die magnetische Flussdichte haben.

## Abstandsoptimierung - Ausrichtung der NS-Seite von Trafos: Schritt 4

Führen Sie nun eine Berechnung der magnetischen Flussdichte mittels des Buttons **B** der Toolbar durch.



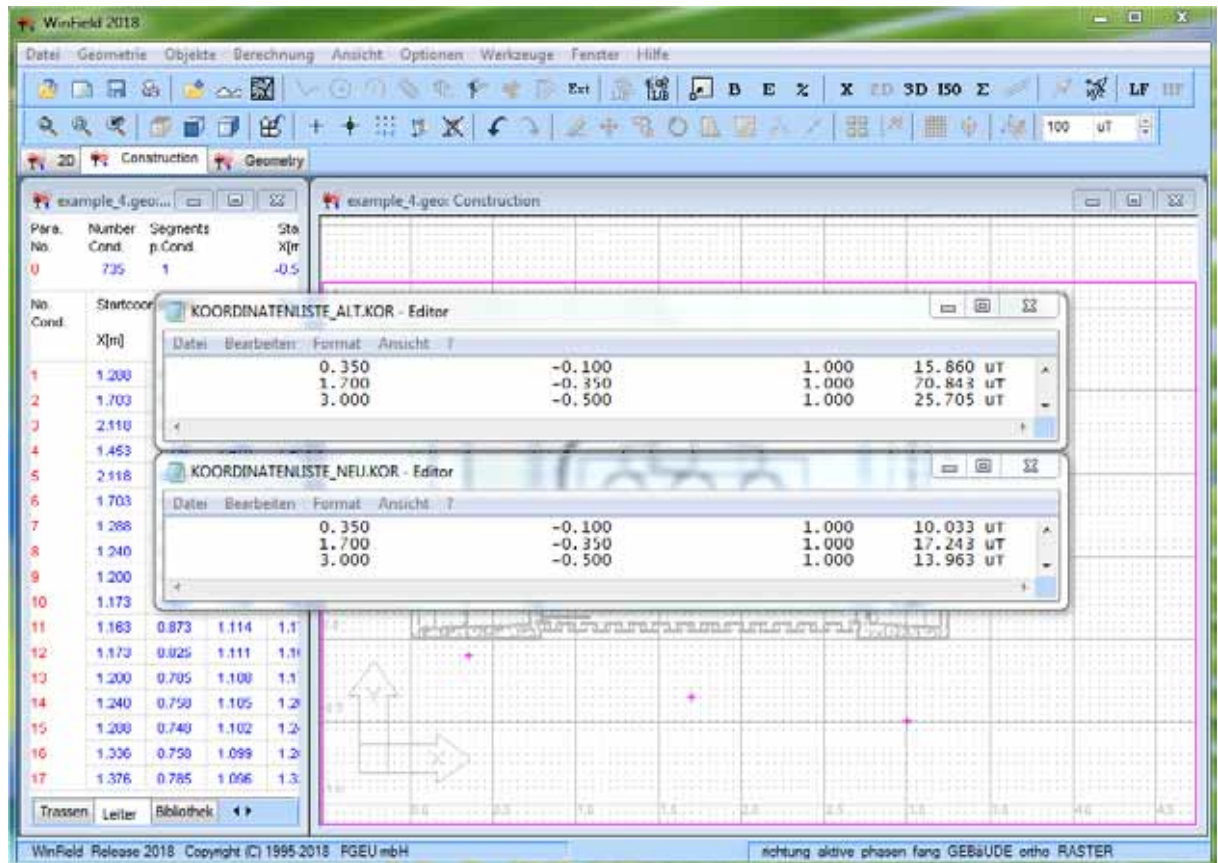
Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

Koordinatenliste					
1	0.350	-0.100	1.000	10.033 uT	
2	1.700	-0.350	1.000	17.243 uT	
3	3.000	-0.500	1.000	13.963 uT	



# Abstandsoptimierung - Ausrichtung der NS-Seite von Trafos: Schritt 5


Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. An allen drei MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte die Immission verringert werden.




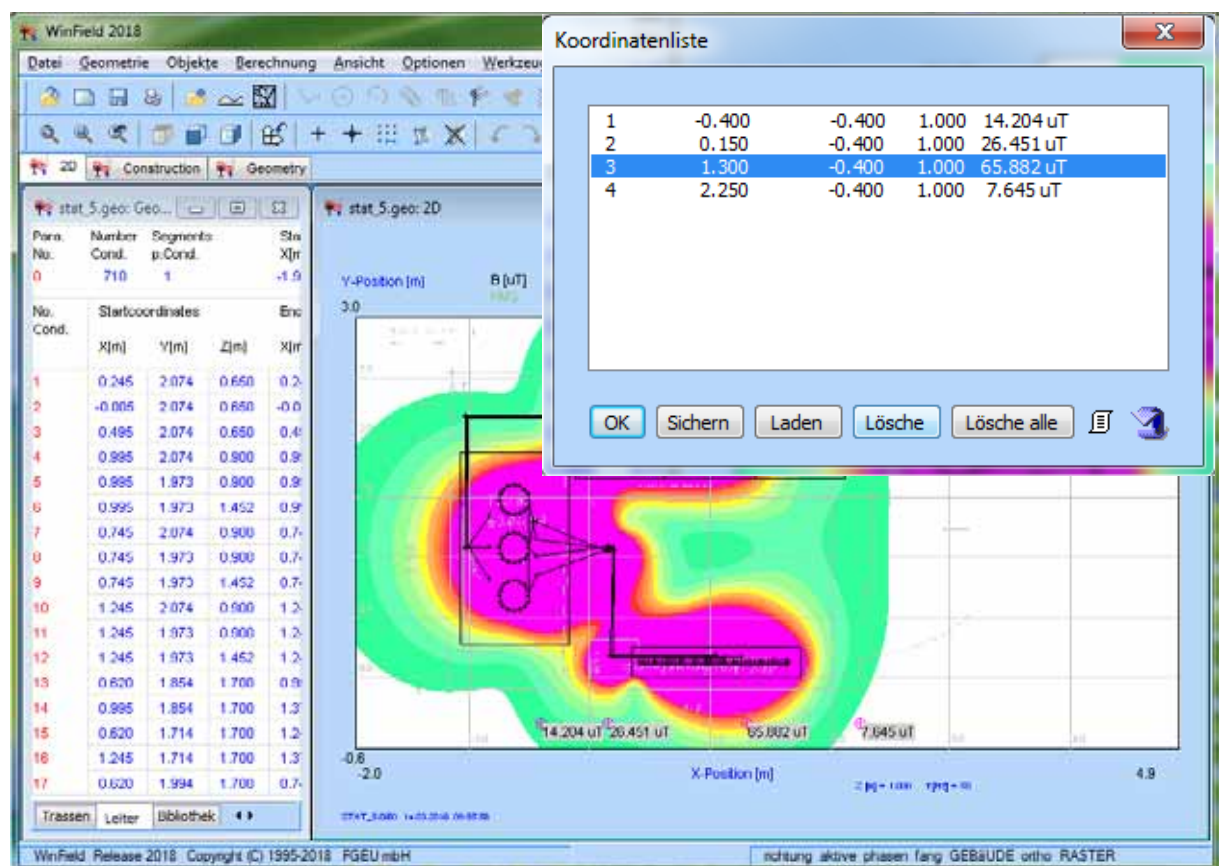



# Abstandsoptimierung - Verlegung von Kabeln: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch ein Verlegen der Kabel mit größtmöglichem Abstand zu den MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN erreicht. In diesem Beispiel wird ein Leitungsabschnitt statt am Boden der Anlage an deren Decke verlegt.

Zur Minimierung der Immission einer Ortsnetzumspannstation nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel bestehend aus einer Mittelspannungs-Schaltanlage, einem Transformator und einer Niederspannungsverteilung. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_9' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

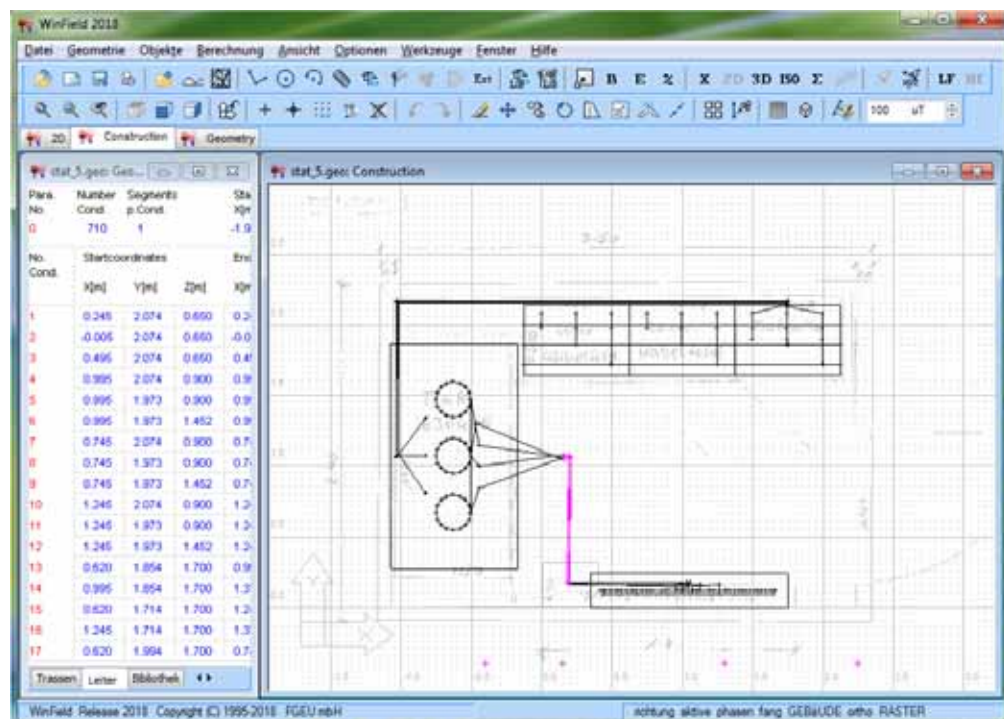
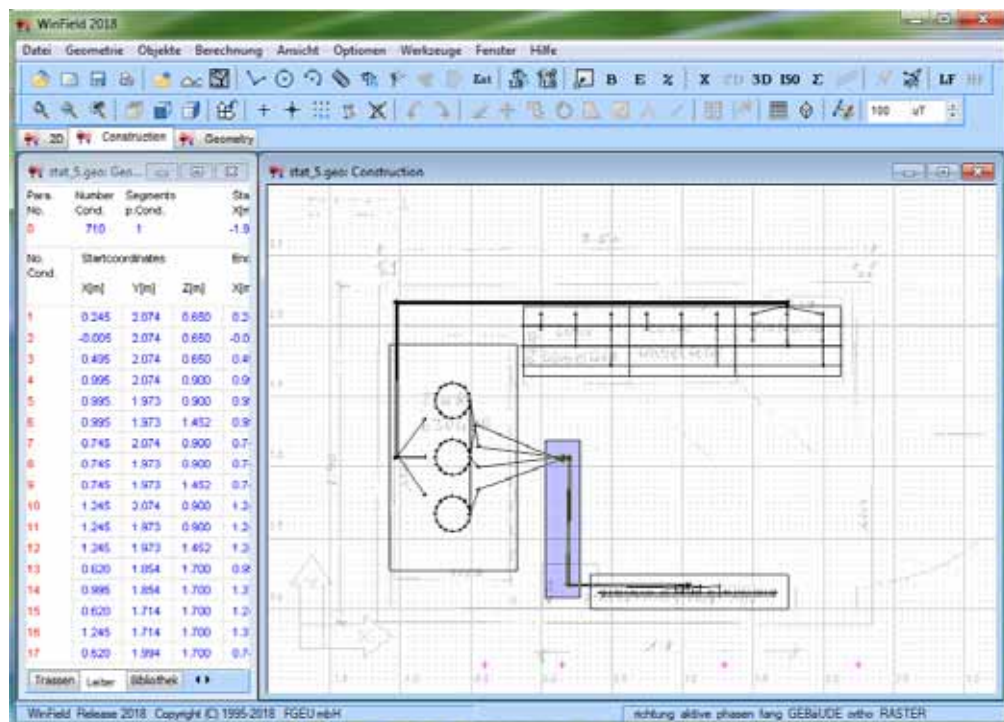
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um vier MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste.



Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'.

## Abstandsoptimierung - Verlegung von Kabeln: Schritt 2

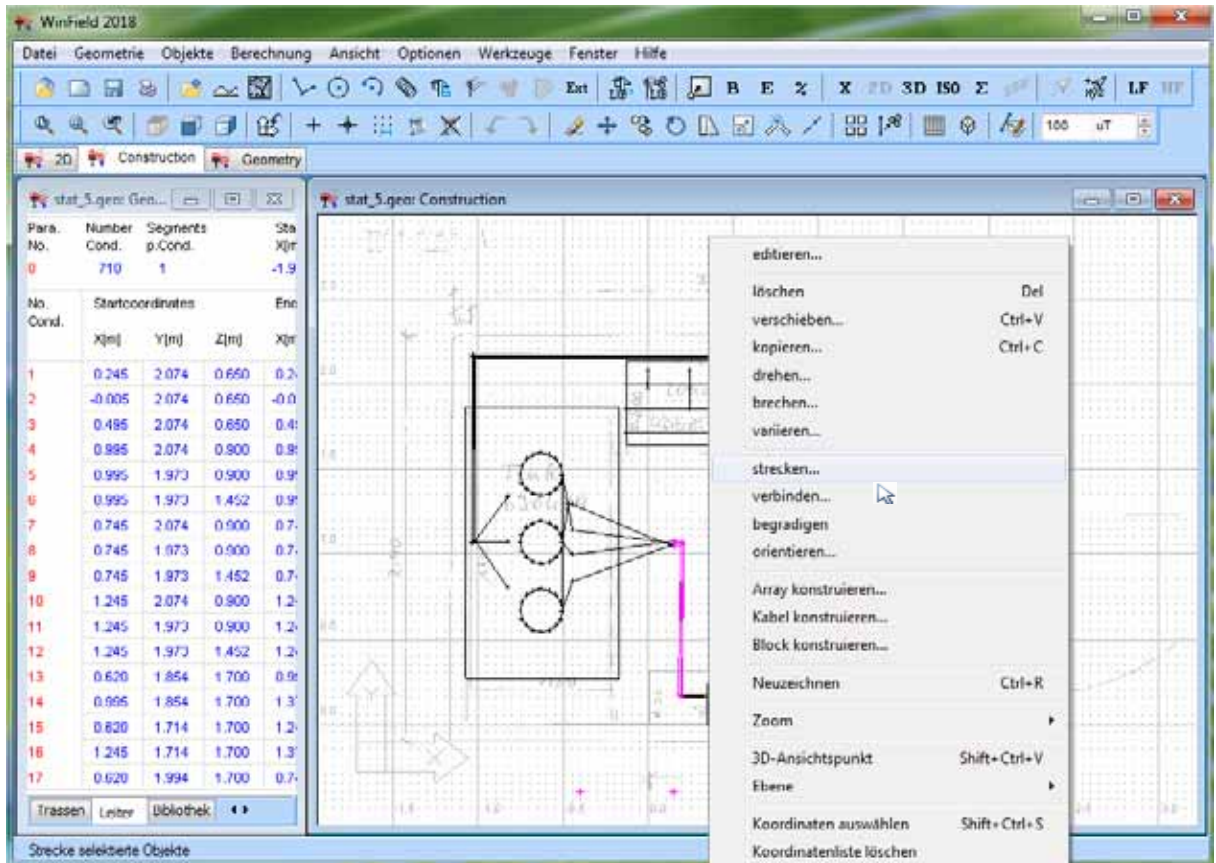
Wechseln Sie in das **Konstruktionsfenster**. Um den entsprechenden Kabelabschnitt zu markieren, ziehen Sie einen Rahmen wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt auf, indem Sie dazu die linke Maustaste gedrückt halten und von **links nach rechts** ziehen.



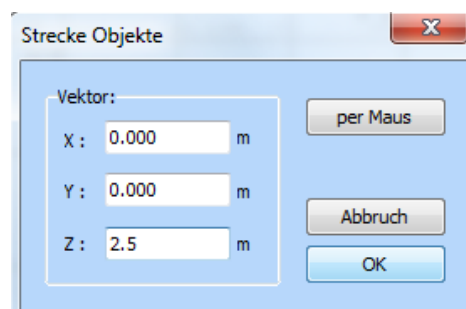
**Hinweis:** Sollten Sie versehentlich zu viele Leiter markiert haben, drücken Sie die Taste **ESC** um die Auswahl aufzuheben und wiederholen den Vorgang der Markierung erneut.

## Abstandsoptimierung - Verlegung von Kabeln: Schritt 3

Klicken Sie anschließend mit der rechten Maustaste auf eine leere Fläche im **Konstruktionsfenster** und wählen im sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Befehl **STRECKEN...** aus.



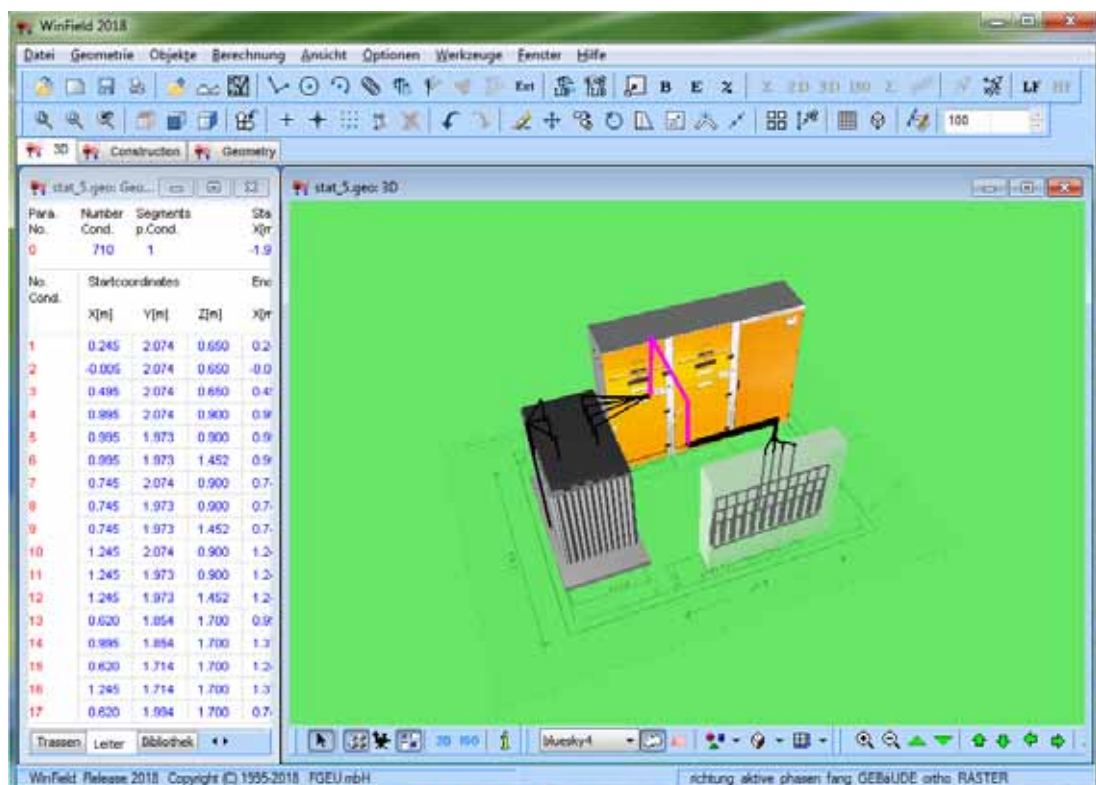
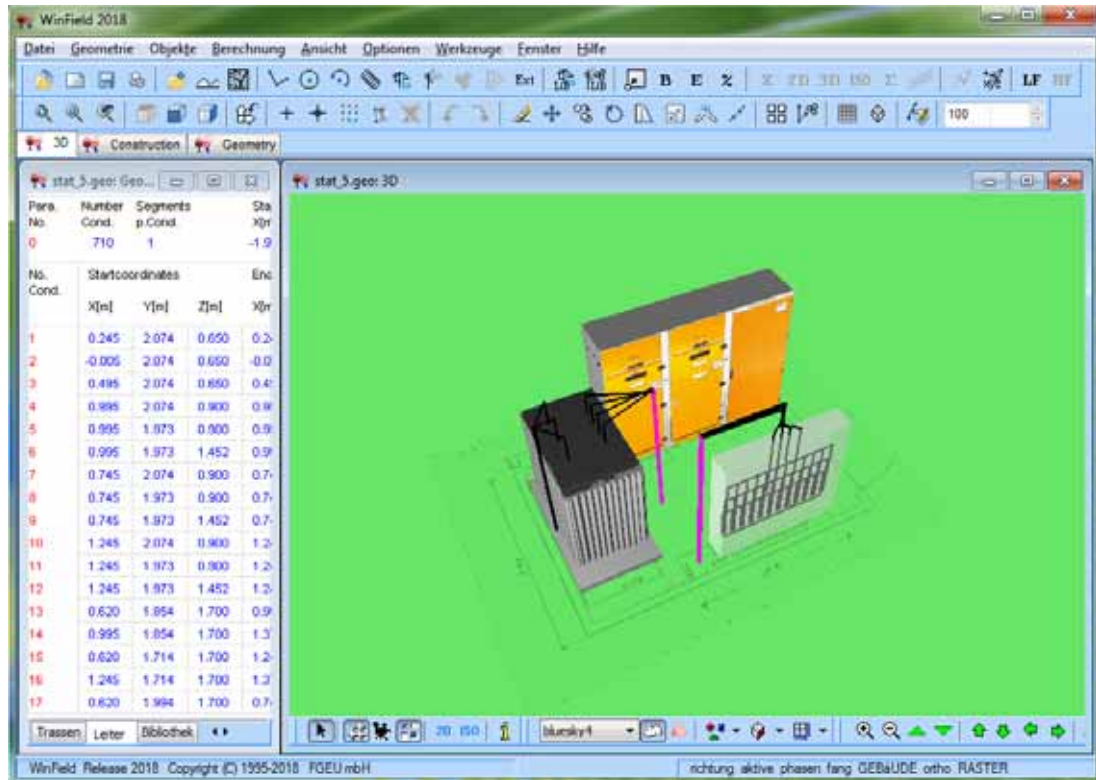
Es öffnet sich der **Strecke Objekte** Dialog. Geben Sie in diesem für die Z-Komponente des Vektors den Wert 2.5 m ein und bestätigen den Dialog mittels **OK**.





## Abstandsoptimierung - Verlegung von Kabeln: Schritt 4

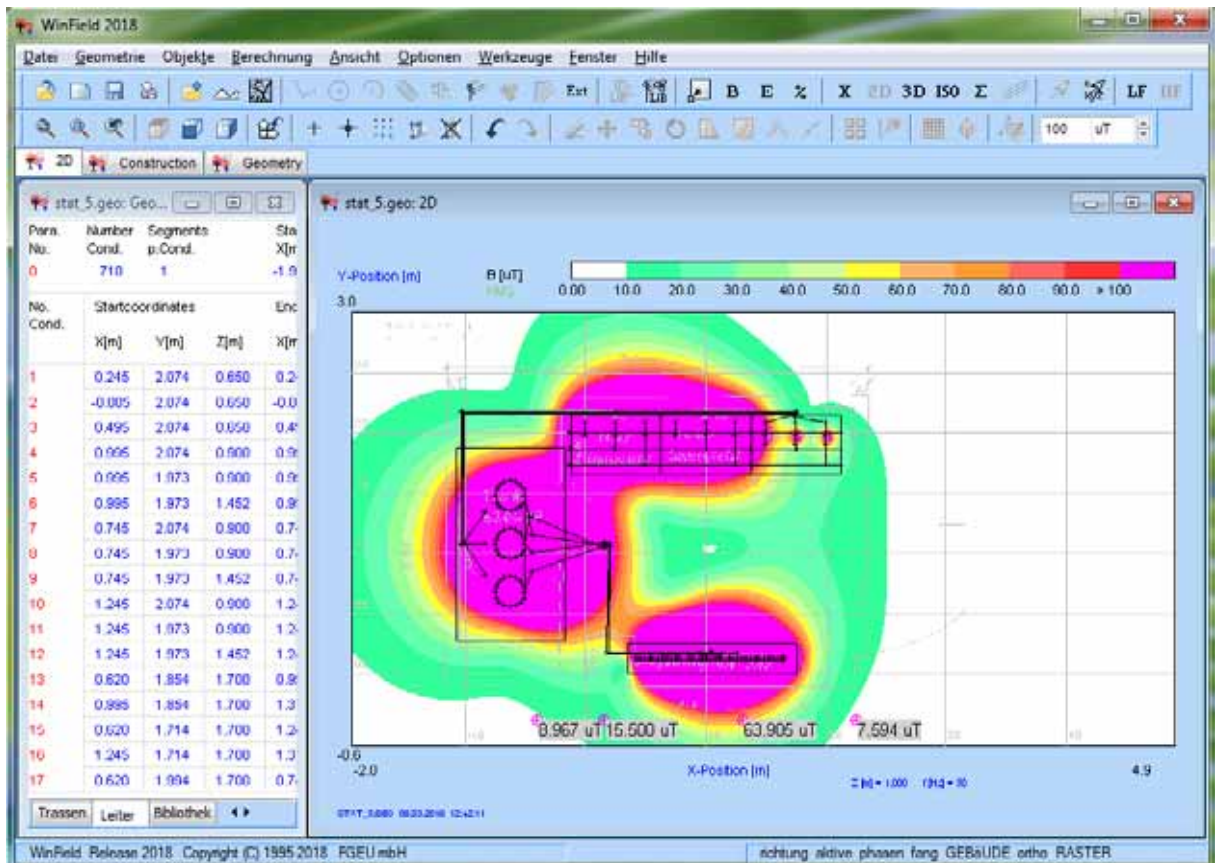
Durch diesen Vorgang wurde der gesamte Kabelabschnitt um 2.5 m nach oben verlegt, sodass dieser jetzt an der Decke der Ortsnetzumspannstation verläuft. In der 3D-Ansicht wird dieses wie in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.






## Abstandsoptimierung - Verlegung von Kabeln: Schritt 5

Führen Sie nun eine Berechnung der magnetischen Flussdichte mittels des Buttons **B** der Toolbar durch.

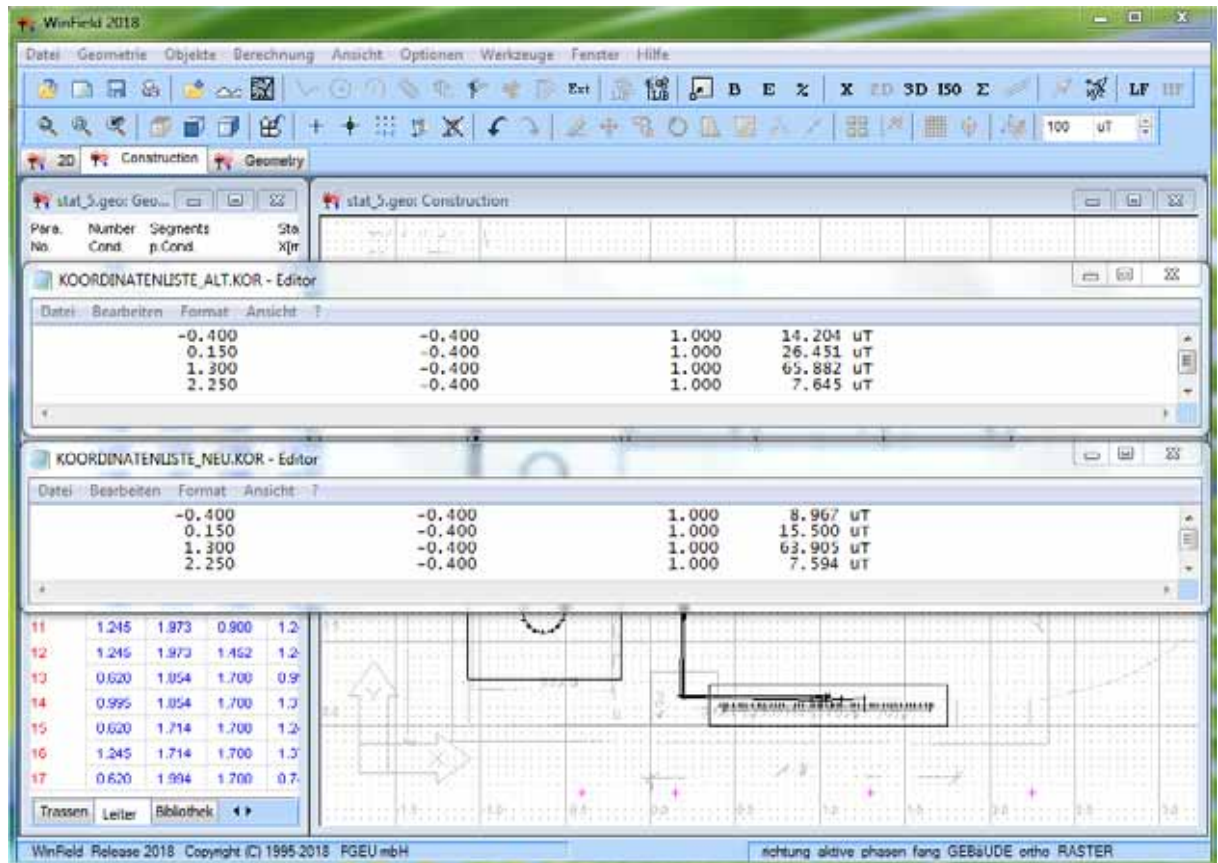


Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

Koordinatenliste				
1	-0.400	-0.400	1.000	8.967 uT
2	0.150	-0.400	1.000	15.500 uT
3	1.300	-0.400	1.000	63.905 uT
4	2.250	-0.400	1.000	7.594 uT


## Abstandsoptimierung - Verlegung von Kabeln: Schritt 6



Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. An allen vier MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte die Immission verringert werden.

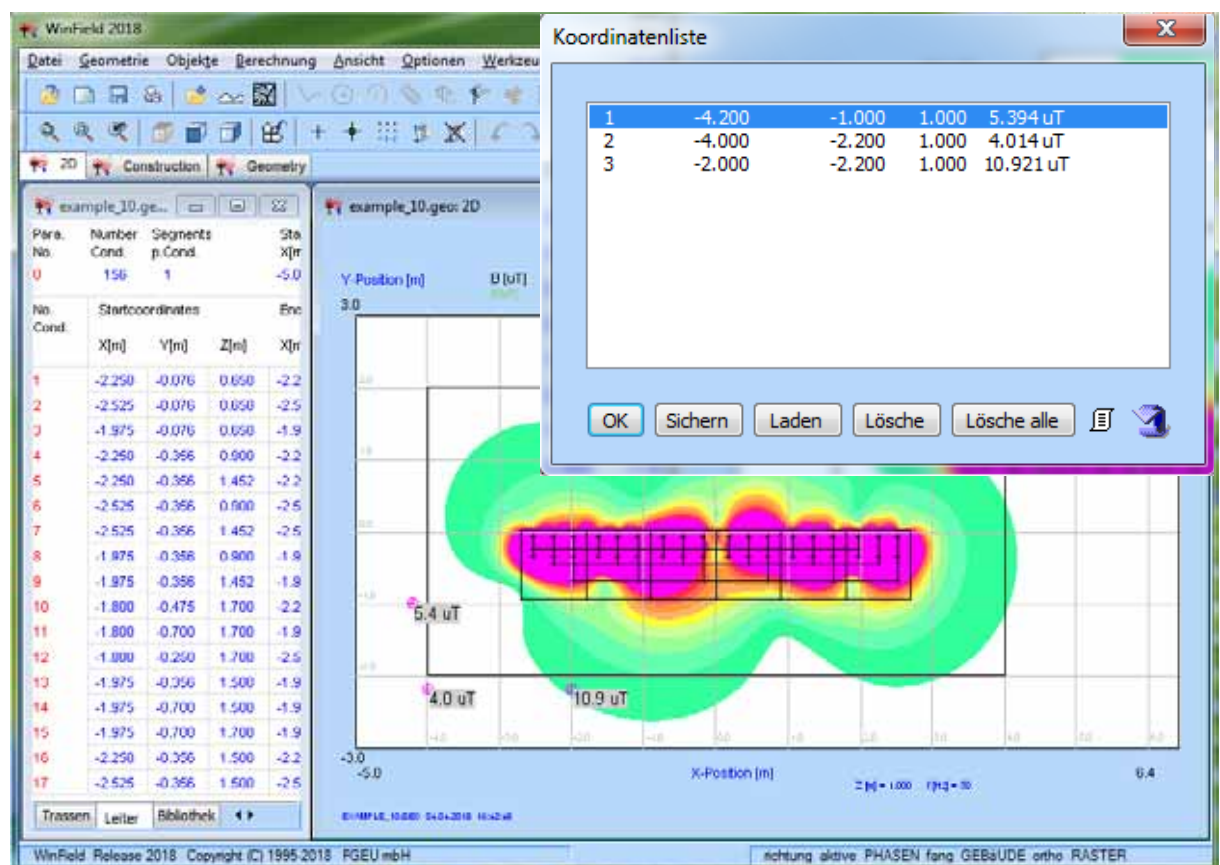


# Minimierung der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung: Schritt 1

Die Minimierung am MAßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORT wird hier durch eine verbesserte Kompensation der magnetischen Flussdichte, aufgrund der verringerten Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung, erreicht.

Zur Minimierung der Immission einer Ortsnetzumspannstation nutzen Sie ein bereits vorhandenes Beispiel einer Mittelspannungs-Schaltanlage. Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  und öffnen Sie die Geometrie 'Example\_10' im Ordner: 'Winfield\Example\BlmSchV26VwV'.

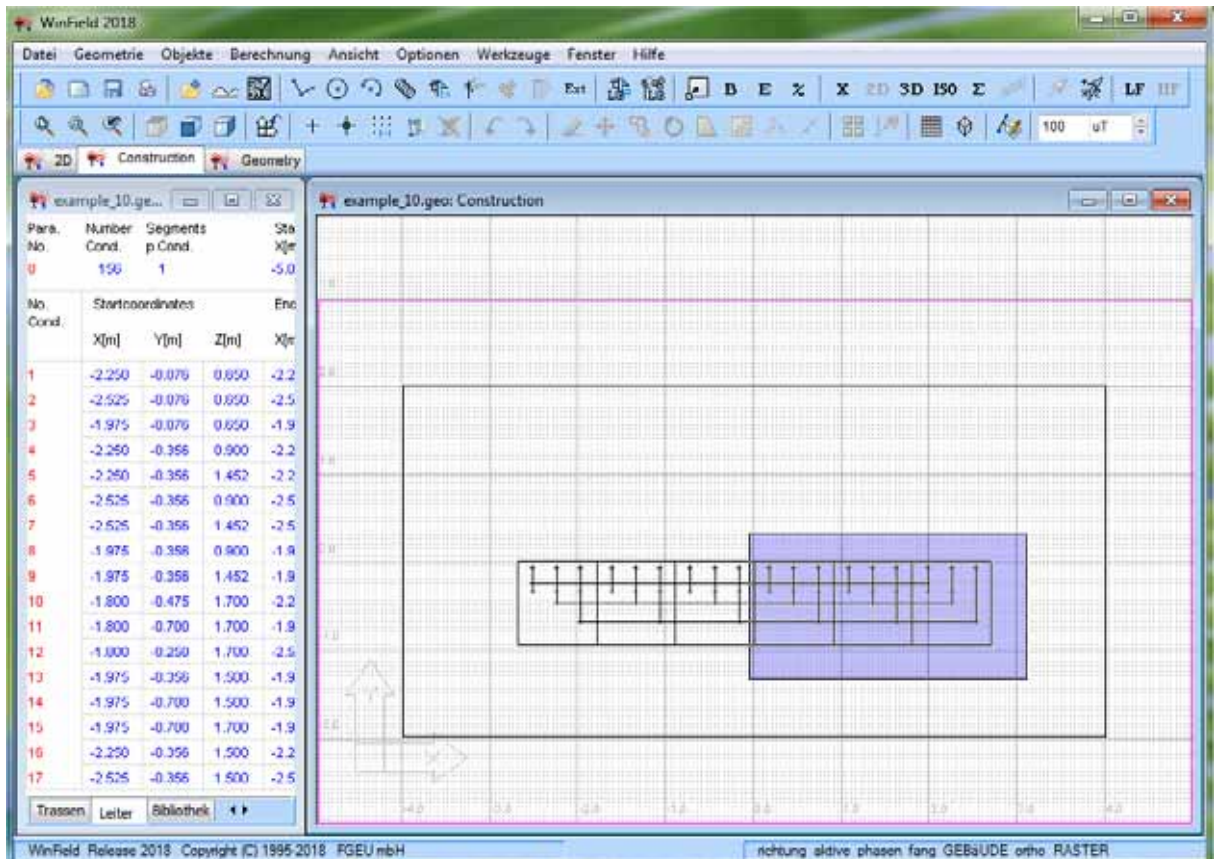
Klicken Sie in der Toolbar auf den Button  um drei MAßGEBLICHE MINIMIERUNGSSORTE zu selektieren, wie im folgenden Bild dargestellt. Beenden Sie die Auswahl per rechte Maustaste. Klicken Sie anschließend in der Toolbar auf den Button  um die Koordinatenliste zu öffnen. **SICHERN** Sie diese Koordinatenliste zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Alt.kor'. Leeren Sie daraufhin die Koordinatenliste per Schalter **LÖSCHE ALLE**.





## Minimierung der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung: Schritt 2

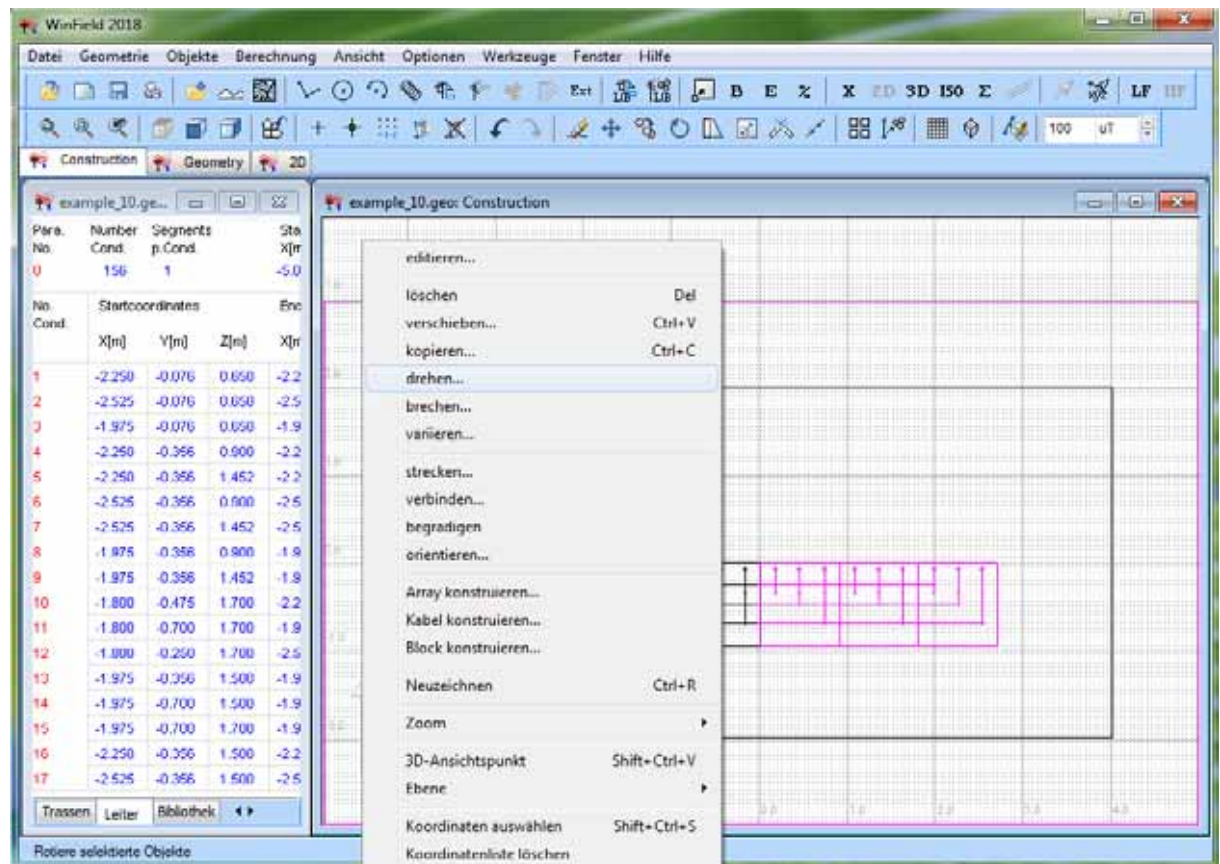
Um die Distanz zwischen den Betriebsmitteln zu minimieren, werden in diesem Beispiel die MS-Schaltschränke mit den Rückseiten aneinander gestellt. Durch die hierfür erforderliche Drehung entsteht eine unterschiedliche Phasenbelegung. Wechseln Sie dazu in das **Konstruktionsfenster** und selektieren Sie die drei rechten Schaltfelder durch Aufziehen eines Rahmens von links nach rechts wie dargestellt.



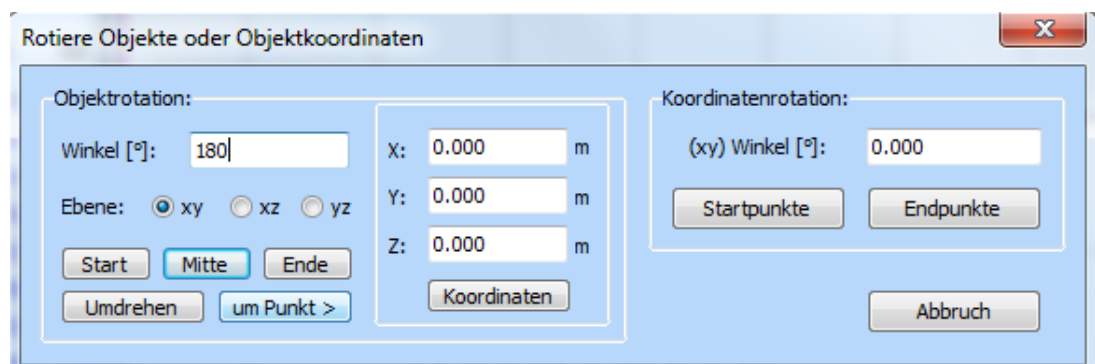


## Minimierung der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung: Schritt 3

Nun werden die selektierten Schaltfelder in die neue Position gebracht. Dazu klicken Sie mit der rechten Maustaste in eine leere Fläche im **Konstruktionsfenster** und wählen Sie in dem sich öffnenden **LOKALEN MENÜ** den Eintrag **DREHEN...** aus.

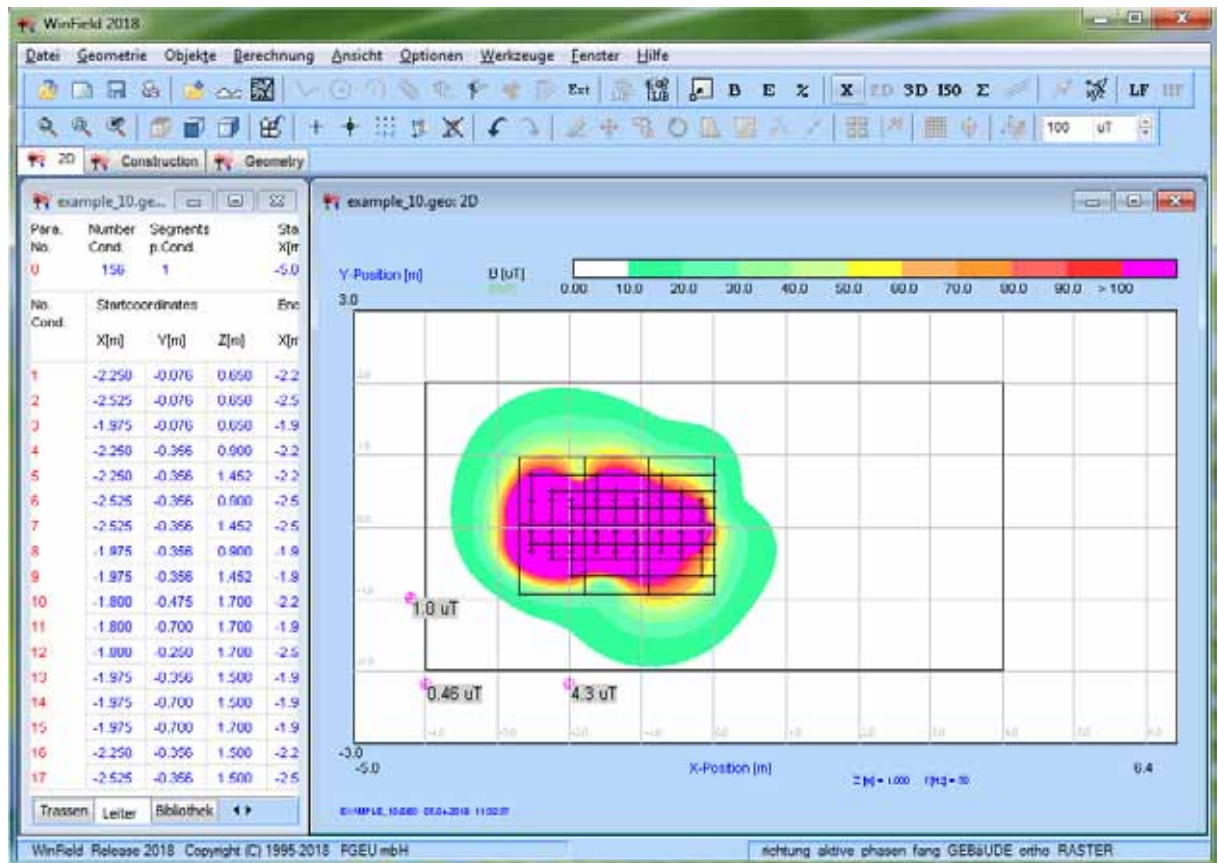



Es öffnet sich der folgende **Rotiere Objekte oder Objektkoordinaten** Dialog. Geben Sie in diesem als Winkel den Wert  $180^\circ$  ein und klicken Sie auf den Schalter **UM PUNKT >**.




## Minimierung der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung: Schritt 4

Wie in der folgenden Abbildung dargestellt, stehen die Schaltschränke mit unterschiedlicher Phasenbelegung durch die Drehung nun mit den Rückwänden aneinander. Um die Auswirkungen der Maßnahme auf die Immission an den MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN darzustellen, führen Sie eine Berechnung der magnetischen Flussdichte mittels des Buttons **B** der Toolbar durch.



Öffnen Sie mittels des Buttons  der Toolbar die **Koordinatenliste** und klicken auf **LADEN**. Wählen Sie 'Koordinatenliste\_Alt.kor' aus und klicken auf **ÖFFNEN**. **SICHERN** Sie diese zum Vergleich unter dem Namen 'Koordinatenliste\_Neu.kor'.

No.	X[m]	Y[m]	Z[m]	B [uT]
1	-4.200	-1.000	1.000	1.828 uT
2	-4.000	-2.200	1.000	0.463 uT
3	-2.000	-2.200	1.000	4.343 uT

Buttons: OK, Sicher, Laden, Lösche, Lösche alle, 

# Minimierung der Distanzen zwischen Betriebsmitteln mit unterschiedlicher Phasenbelegung: Schritt 5

Im Folgenden werden die Ergebnisse gegenübergestellt. An allen MÄßGEBLICHEN MINIMIERUNGSSORTEN konnte die Immission verringert werden.

