

SearchPath

Bedienungsanleitung

Autor: Felix Meier
Version: 1.0
Datum: 17. Mai 2021
Datei: SearchPath_User Manual_DE_DIN_A4.docx

Inhalt

1	Einführung.....	3
1.1	Geometrie.....	4
2	Konfiguration.....	6
2.1	Aktionen	7
2.1.1	Calculate (Berechnen)	7
2.1.2	Cancel (Abbrechen)	7
2.1.3	Save (Speichern).....	7
2.1.4	Open (Öffnen)	7
2.1.5	Print (Drucken)	7
2.1.6	Quit (Verlassen)	7
2.2	Parameter.....	8
2.2.1	Die Gruppe Projekt.....	8
2.2.2	Die Gruppe Layers (Schichten).....	8
2.2.3	Die Gruppe Dipole.....	8
2.3	Ansichten.....	9
2.3.1	Die Betrachtungsebenen.....	9
2.3.2	Das H-Feld-Profil.....	17
2.3.3	Die Höhe der Suchebene	18
3	Ressourcen.....	19
3.1	Speicherplatz.....	19
3.2	Rechenleistung	19
3.3	Anzeige	19
3.4	Betriebssystem.....	19
4	Referenzen	20
4.1	Algorithmen	20
4.2	Eigenschaften der Schichten	20
4.2.1	Schnee	20
4.2.2	Boden	20
4.3	Andere.....	20

1 Einführung

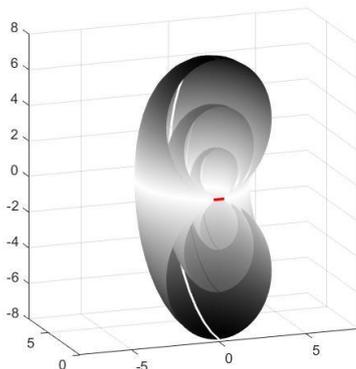
Die Suche mittels LVS (Lawinen Verschütteten Suchgerät) nach Personen, welche in einer Lawine verschüttet wurden, kann recht schwierig sein. Ein gutes Verständnis der physikalischen Grundlagen für die Anzeige der Distanz und der Richtung auf dem suchenden LVS kann dazu beitragen, eine optimale Suchtaktik anzuwenden.

Die Information auf der Anzeige des suchenden LVS ist abhängig von der Intensität und von der Richtung der magnetischen Feldlinien am Ort des suchenden LVS. Diese Parameter wiederum sind abhängig von der Ausrichtung des verschütteten LVS, von den Eigenschaften des Bodens und der Schneeschichten und von der relativen Lage des suchenden LVS zum verschütteten LVS.

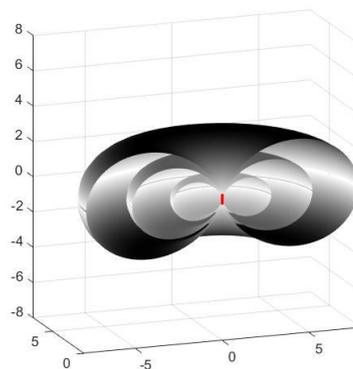
Das Programm `SearchPath` ist ein Mittel zur Darstellung der Richtung der Feldlinien und der relativen magnetischen Feldstärke am Ort des suchenden LVS in der Umgebung eines verschütteten LVS. Im speziellen befindet sich das suchende LVS auf einer Ebene auf oder über der Schneeoberfläche.

Das Magnetfeld eines Dipols im freien Raum ist rotationssymmetrisch um die Achse des Dipols. Eine 3D-Darstellung kann als Sammlung von Toroiden angesehen werden mit einem Querschnitt, welcher durch die Differentialgleichung aus [401] gegeben ist:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{3 \cdot x \cdot y}{2 \cdot x^2 - y^2}$$



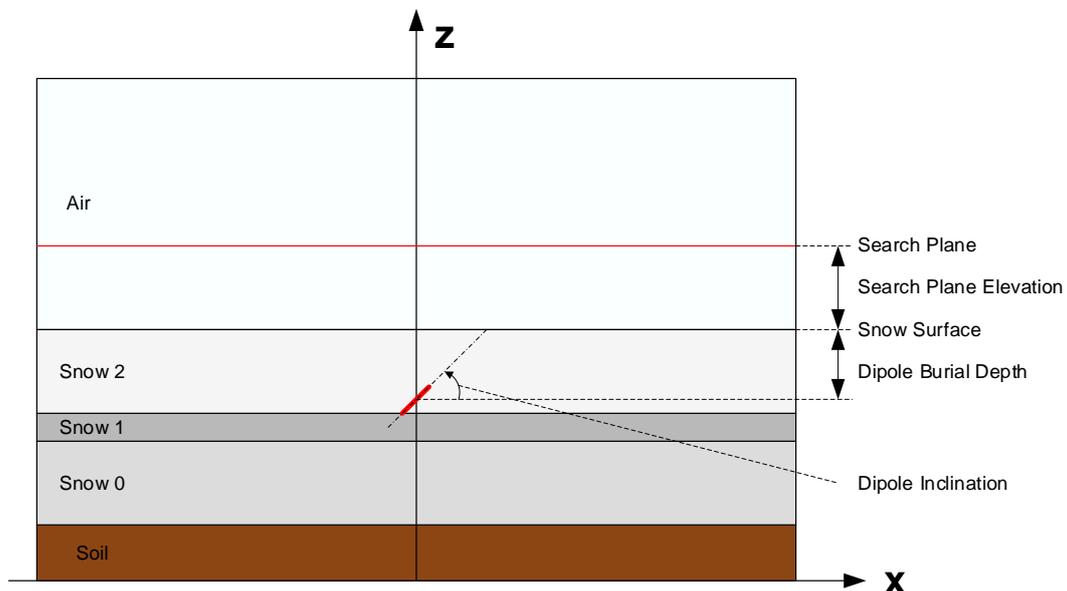
Horizontale Achse



Vertikale Achse

1.1 Geometrie

Für die Umgebung wird ein Modell mit fünf Schichten angewendet:

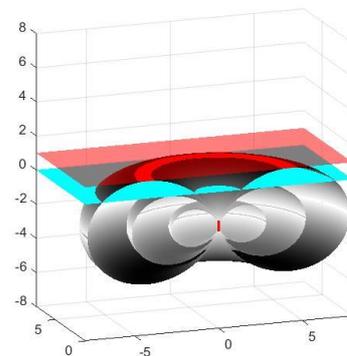
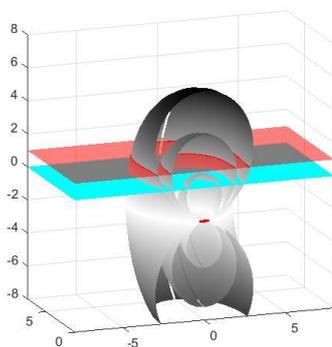


Die unterste Schicht besteht aus Erde oder Fels. Darüber können maximal drei verschiedene Schichten von Schnee spezifiziert werden. Zuerst ist eine Luftschicht. Alle Schichten sind homogen und isotrop, das heisst, dass die magnetische Permeabilität, die dielektrische Permittivität und die elektrische Leitfähigkeit konstant und unabhängig von der Richtung sind.

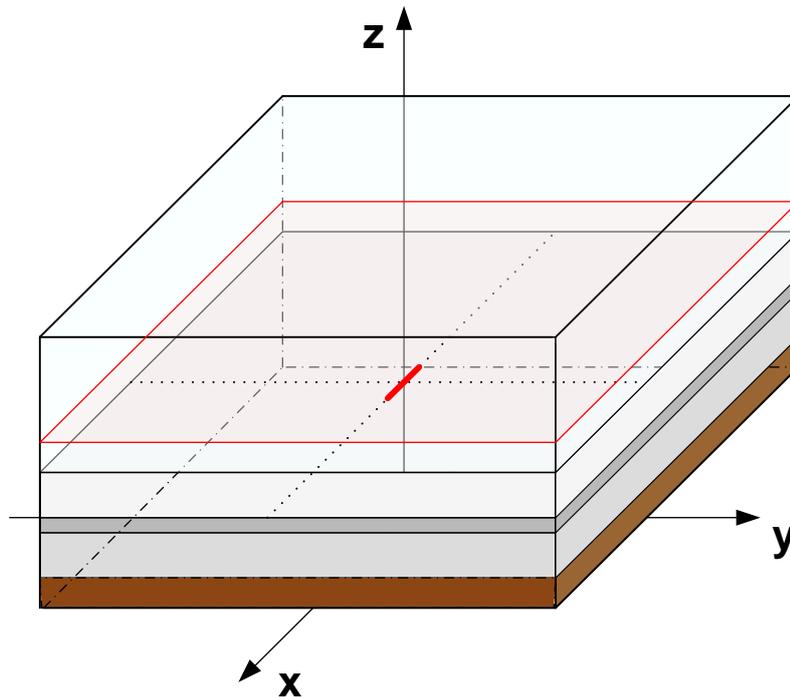
Der Dipol ist das Äquivalent zur Sendeanenne des verschütteten LVS.

Der Dipol kann überall in einer der Schnee-Schichten oder auf der Schneeoberfläche angeordnet sein. Seine Neigung relativ zur x-Achse kann zwischen 0° und 90° betragen. Er ist immer in der Mitte der x-y-Ebene angeordnet.

Die Suchebene ist diejenige Ebene, in der das suchende LVS bewegt wird. Sie kann sich auf oder über der Schneeoberfläche befinden.



Der untersuchte Bereich ist ein rechteckiger Block:



Die Grundeinstellung für die Abmessungen des Blocks ist 20 Meter x 20 Meter x 10 Meter. Das Beispiel oben zeigt ein LVS, welches an der unteren Grenze der obersten Schneeschicht angeordnet ist. Die Neigung der Antenne relativ zur x-Achse ist 0° . Die Suchebene liegt typischerweise ca. 80 cm über der Schneeoberfläche.

Für die Berechnung von elektromagnetische Felder in einem inhomogenen Raum gibt es keine geschlossenen Lösungen. Um das vorliegende Problem anzugehen, wird deshalb das Verfahren FDTD (Finite Difference Time Domain) angewendet. Dieses Verfahren beruht auf einer numerischen Integration der Feldgleichungen von Maxwell im untersuchten Bereich. Das Verfahren wurde ursprünglich von Yee [100] vorgeschlagen und ist im Detail beschrieben in einem Buch von Taflove und Hagness in [101]. Für weitere Details siehe das Dokument "Search Path Documentation.pdf".

Der untersuchte Bereich ist in Würfel mit einer Kantenlänge von 10 cm aufgeteilt. Die sechs Gleichungen zur Aufdatierung für jeden Würfel müssen in Abhängigkeit von den elektromagnetischen Eigenschaften der Schichten zwischen 300 und 1'000 Mal berechnet werden. Man darf also keine schnellen Resultate erwarten, eine Berechnung dauert eine bis mehrere Minuten auf einem schnellen PC.

2 Konfiguration

Das Programm startet mit einer Grundeinstellung der Parameter:

The screenshot displays the SearchPath software interface. The main window features a large grid plot titled "X - Y Plane" with axes ranging from -10.00 to +10.00. A red dot is positioned at the origin (0,0). To the right of the plot is a "Progress" panel showing "0 out of 0 Steps" and "0 %" computing time. Below the plot are buttons for "Calculate", "Cancel", "Save", "Open", "Print", and "Quit".

At the bottom of the interface are four configuration panels:

- Project:** Yee Cell Size: 10 cm. Must be odd numbers: x Cells: 201, y Cells: 201, z Cells: 101.
- Layers:** A table with columns: Depth [cm], μ_r , ϵ_r , σ [S/m].

	Depth [cm]	μ_r	ϵ_r	σ [S/m]
Air	530	1.000	1.000	0.000e+00
Snow 2	160	1.000	2.000	1.000e-10
Snow 1	10	1.000	4.000	1.000e-06
Snow 0	110	1.000	1.500	5.000e-08
Soil	200	1.000	8.000	1.000e-04
- Dipole:** Burial Depth: 100 cm, Inclination: 0 Deg.
- View Plane:** x - y, H Field Profile: absolute, # of Rx Antennas: 3. Search Plane: Elevation: 80 cm, Redraw button.

Die folgenden Aktionen stehen zur Verfügung:

2.1 Aktionen

2.1.1 Calculate (Berechnen)

Dieser Knopf startet die Berechnung der elektromagnetischen Feldes für eine bestimmte Konfiguration. Die Berechnung kann, abhängig von den elektromagnetischen Eigenschaften der Schichten und von der Anzahl der Würfel, eine bis viele Minuten dauern. Der Fortschritt der Berechnung wird in der "Progress" – Gruppe oben rechts im Fenster angezeigt.

Bevor eine Berechnung gestartet wird, müssen natürlich die Parameter für die aktuelle Konfiguration festgelegt werden. Siehe dazu weiter unten.

2.1.2 Cancel (Abbrechen)

Da eine Berechnung lange dauern kann, und da vielleicht die Parameter noch einmal angepasst werden sollten, kann eine laufende Berechnung abgebrochen werden.

2.1.3 Save (Speichern)

Das Resultat der Berechnung kann in einer Datei abgespeichert werden. Die Grösse der Datei ist von den Parametern abhängig. Für eine Raum von 201 x 201 x 101 Würfeln werden 100 Megabytes gebraucht.

2.1.4 Open (Öffnen)

Eine gespeicherte Berechnung kann wieder abgerufen werden. Änderungen der Betrachtungsebene, des H-Feld-Profiles, der Anzahl der Antennen im suchenden LVS und der Höhe der Suchebene benötigen keine neue Berechnung der Felder, sondern nur eine Anpassung der Anzeigen.

2.1.5 Print (Drucken)

Die aktuelle Ansicht kann zusammen mit den Parameter-Einstellungen ausgedruckt werden. Für die Erstellung einer .pdf-Datei kann man als Drucker "Microsoft Print to PDF" angeben.

2.1.6 Quit (Verlassen)

Mit diesem Knopf kann das Programm `SearchPath` verlassen werden.

Bevor die magnetischen Feldlinien berechnet werden, müssen die Parameter festgelegt werden:

2.2 Parameter

2.2.1 Die Gruppe Projekt

Die Geometrie des untersuchten Bereiches kann in dieser Gruppe angepasst werden. Die Anzahl der Y – Zellen wird beim Starten einer Berechnung automatisch der Anzahl der X – Zellen gleichgesetzt. Die Grösse der Yee-Zellen bestimmt alle anderen Grössen, diese müssen ganzzahlige Vielfache der Grösse einer Yee-Zelle sein.

The limits to these parameters are:

	Min	Max
Yee Cell Size	2	20
X Cells	21	401
Y Cells	21	401
Z Cells	21	201

2.2.2 Die Gruppe Layers (Schichten)

In dieser Gruppe können die Eigenschaften der einzelnen Schichten festgelegt werden.

Die Schichtdicke (Depth) muss ein ganzzahliges Vielfaches der Grösse einer Yee-Zelle sein. Für jede oder alle Schnee-Schichten kann eine Dicke von 0 cm festgelegt werden. Die minimale Dicke des Bodens (Soil) beträgt 1/10 der Gesamthöhe.

Typische Parameter sind

	μ_r	ϵ_r	σ
Luft	1.000	1.000	1.0e-10
Schnee, trocken	1.000	1.500	1.0e-8
Schnee, nass	1.000	20.000	1.0e-6
Eis	1.000	3.000	5.0e-7
Boden	1.000	8.0	1.0e-4

Für mehr Informationen über die elektromagnetischen Eigenschaften, siehe das Dokument "Search Path Documentation.pdf".

2.2.3 Die Gruppe Dipole

Die Verschüttungstiefe (burial depth) muss ebenfalls ein Vielfaches der Grösse einer Yee-Zelle sein.

Die Neigung des Dipols (inclination) kann zwischen 0° und 90° festgelegt werden. Man beachte, dass bei einer Neigung von 0° die magnetischen Feldlinien genau senkrecht zur y-z-Ebene sind, sodass keine Feldlinien gezeigt werden können. Das gleiche gilt für die x-y-Ebene, wenn die Neigung 90° beträgt und die Suche Ebene auf der gleichen Höhe liegt wie der Dipol.

2.3 Ansichten

Nach dem Abschluss einer Berechnung oder nach dem Laden einer Datei können die Ansichten ohne neue Berechnung angepasst werden. Es stehen mehrere Optionen zur Verfügung:

2.3.1 Die Betrachtungsebenen

Die Feldlinien werden in drei Ebenen angezeigt:

2.3.1.1 Die X-Y - Ansicht

Project

Yee Cell Size cm

Must be odd numbers:

x Cells

y Cells

z Cells

Layers

	Depth [cm]	μ_r	ϵ_r	σ [S/m]
Air	530	1.000	1.000	0.000e+00
Snow 2	160	1.000	2.000	1.000e-10
Snow 1	10	1.000	4.000	1.000e-06
Snow 0	110	1.000	1.500	5.000e-08
Soil	200	1.000	8.000	1.000e-04

Dipole

Burial Depth cm

Inclination Deg

View Plane

H Field Profile

of Rx Antennas

Search Plane

Elevation cm

Progress: 0 out of 612 Steps
0 %
Computing Time: 0' 30.182"

Diese Ansicht zeigt die Richtung der Feldlinien in der Suchebene. Diese Richtung wird im suchenden LVS für die Anzeige der Richtung zum Verschütteten verwendet. Der Verlauf ist abhängig vom Höhenunterschied zwischen dem verschütteten LVS und dem suchenden LVS. Je grösser der Unterschied, desto weiter sind die Schnittpunkte mit der x-Achse von der effektiven Position des Dipols entfernt.

Ein Klick mit der rechten Maustaste im Bereich der Kurven zeigt den kürzesten Suchweg. Ein weiterer Klick an einer anderen Stelle zeigt den neuen Suchweg. Ein Klick mit beliebiger Maustaste ausserhalb des Bereiches der Kurven, aber im Fenster der Kurven, löscht die Anzeige des Suchweges.

The screenshot displays the SearchPath software interface. The main window shows the X-Y Plane with a grid from -10.00 to +10.00 on both axes. A red dipole is located at the origin (0,0). Blue field lines radiate from the dipole, and a red line indicates the search path. A label '14.0 meters' is visible near the top of the field lines.

On the right side, there is a Progress panel showing '0 out of 612 Steps' and '0 %' completion. Below it, the Computing Time is '0' 30.182"'. A set of buttons includes Calculate, Cancel, Save, Open, Print, and Quit.

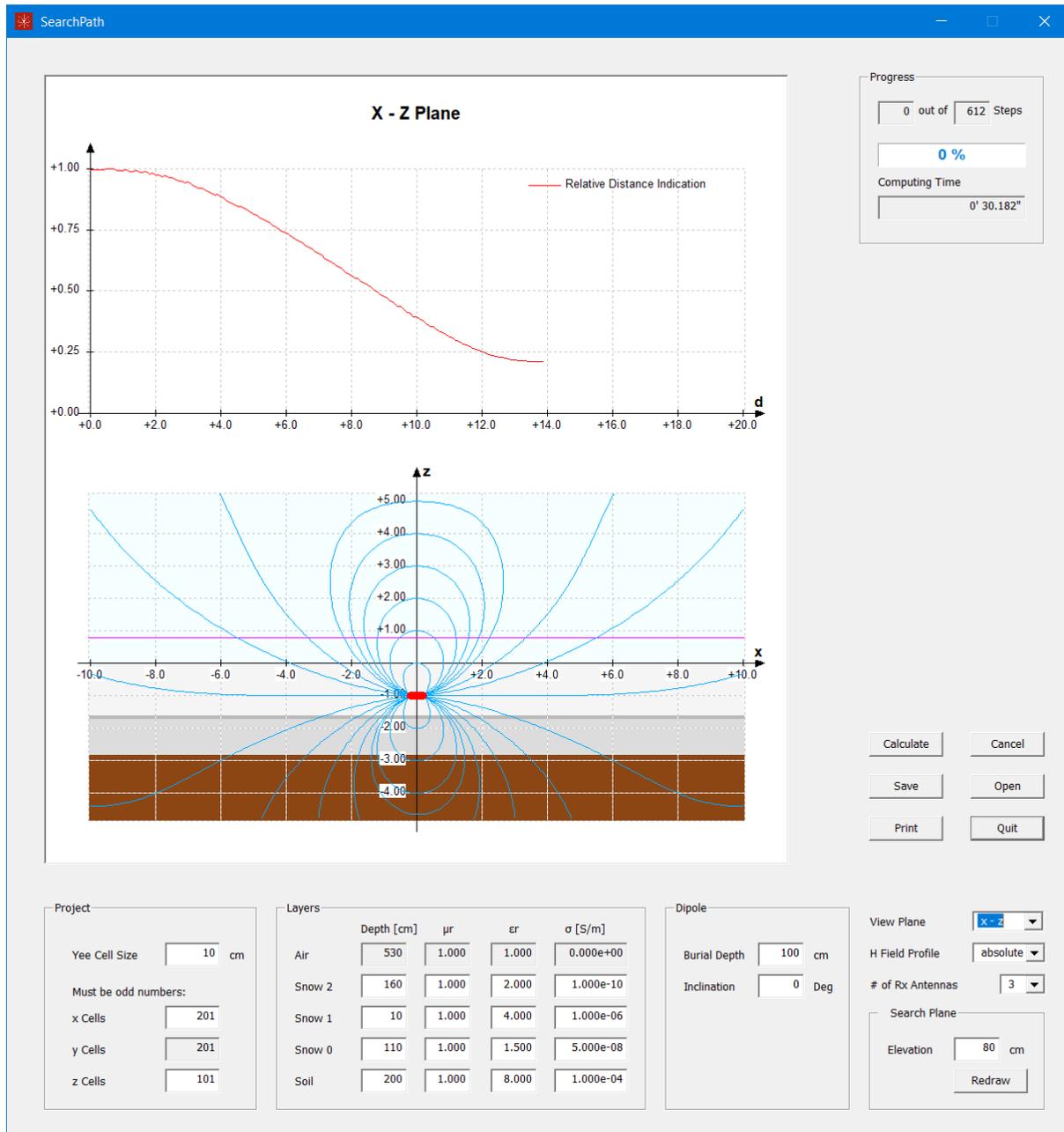
At the bottom, there are three main control panels:

- Project:** Yee Cell Size: 10 cm. Must be odd numbers: x Cells: 201, y Cells: 201, z Cells: 101.
- Layers:** A table with columns: Depth [cm], μ_r , ϵ_r , σ [S/m].

Layer	Depth [cm]	μ_r	ϵ_r	σ [S/m]
Air	530	1.000	1.000	0.000e+00
Snow 2	160	1.000	2.000	1.000e-10
Snow 1	10	1.000	4.000	1.000e-06
Snow 0	110	1.000	1.500	5.000e-08
Soil	200	1.000	8.000	1.000e-04
- Dipole:** Burial Depth: 100 cm, Inclination: 0 Deg.

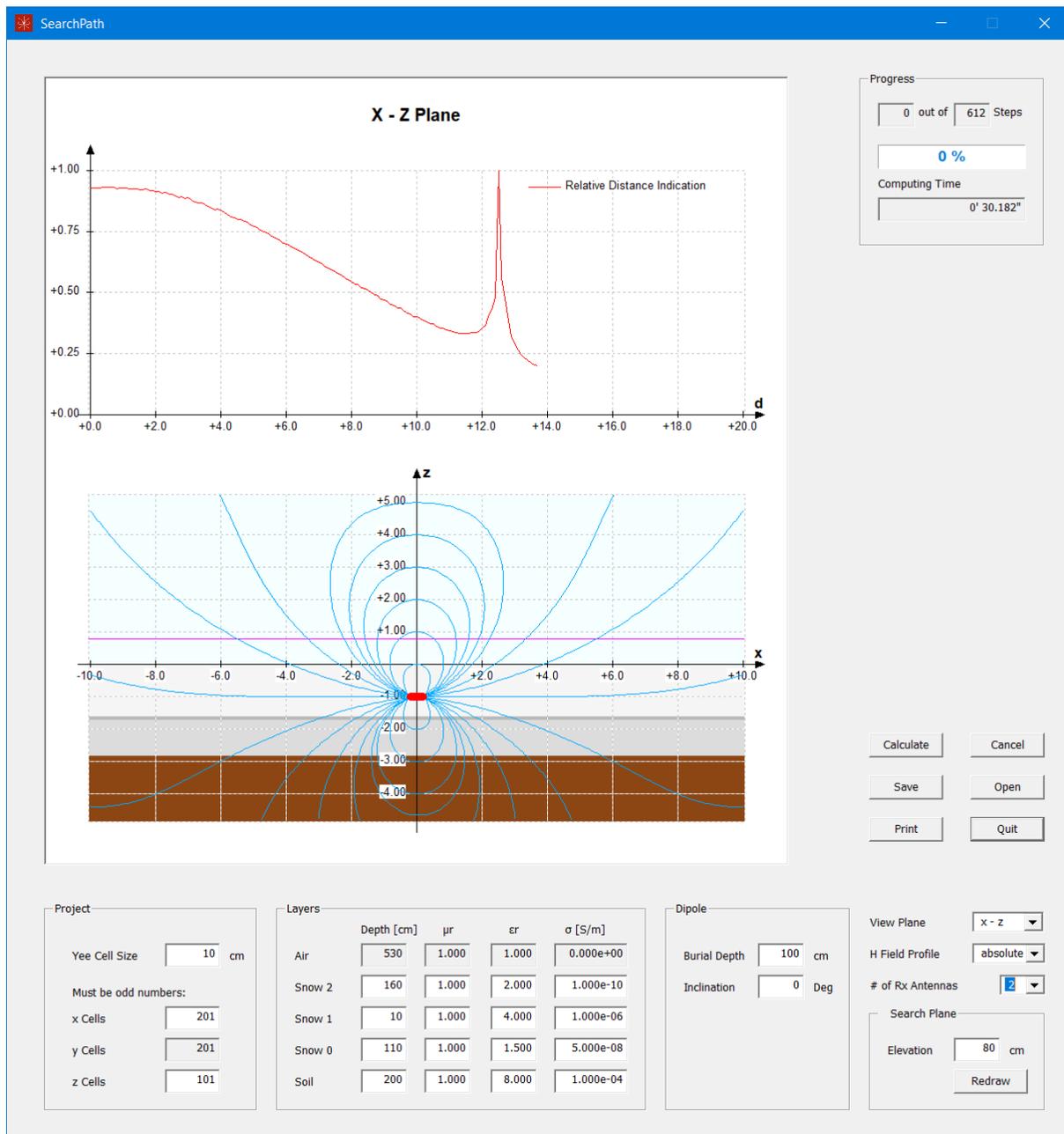
Additional controls include View Plane (x-y), H Field Profile (absolute), # of Rx Antennas (3), and Search Plane (Elevation: 80 cm, Redraw button).

Von Interesse ist auch der Verlauf der Distanzanzeige, wenn der Benutzer dem Suchweg folgt. Nachdem ein Suchweg in der x-y-Ansicht definiert wurde, kann dieser Verlauf in der x-z-Ansicht betrachtet werden:



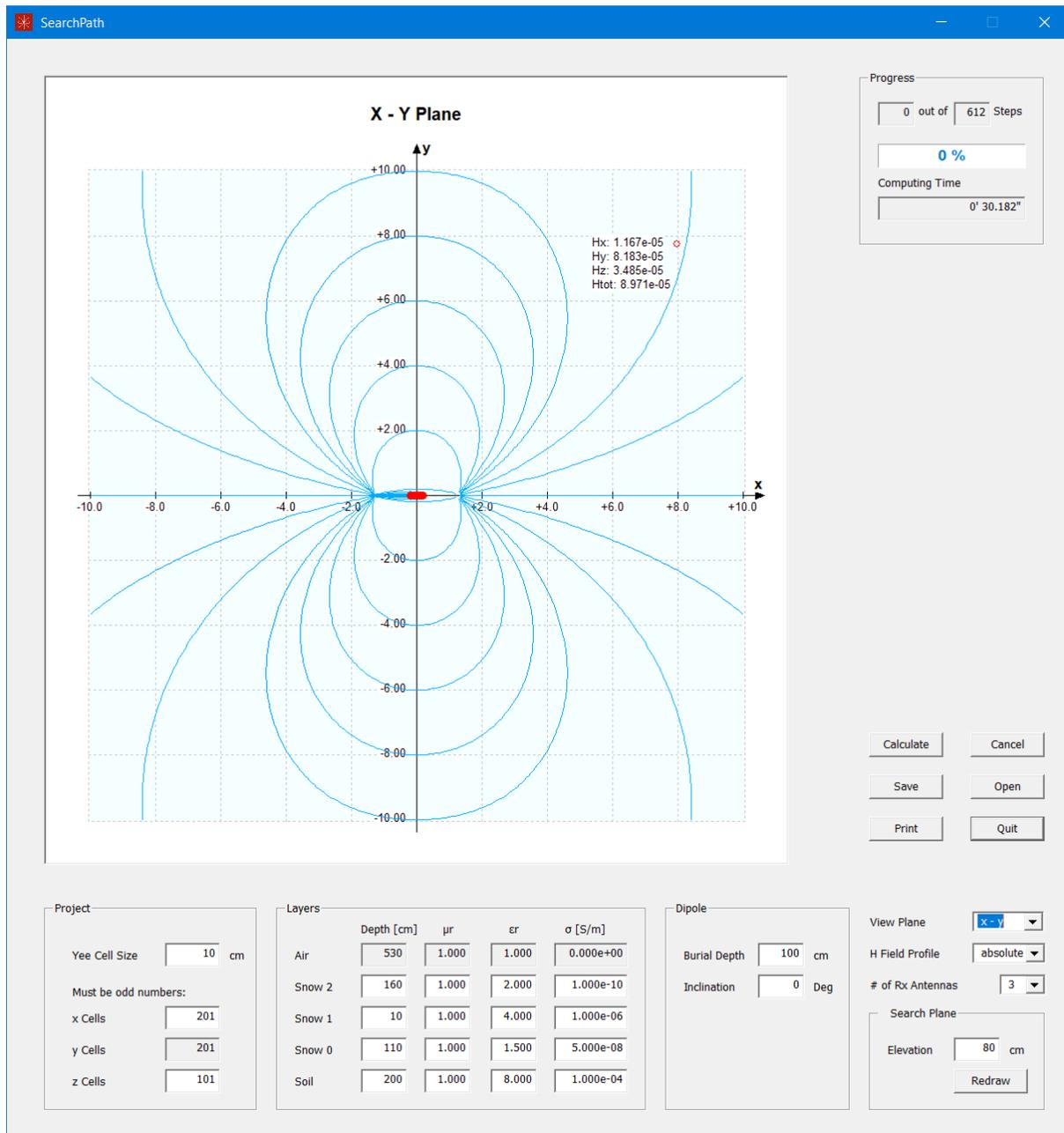
Liegt der Startpunkt in der Nähe der y-Achse, so verändert sich die Distanzanzeige anfänglich nur sehr wenig! Nach einer anfänglichen Abnahme kann sie sogar wieder leicht zunehmen.

Wenn das suchende LVS nur mit zwei Antennen ausgerüstet ist, so ändern sich die Dinge:



In der Umgebung des Schnittpunktes des Suchweges mit der x-Achse wird eine sehr grosse Distanz angezeigt, da die H_x - und H_y -Komponenten des Magnetfeldes sehr klein sind. Ein guter Grund, um solche LVS zu entsorgen!

Wird in dieser Ansicht die linke Maustaste gedrückt, so werden die Komponenten des H-Feldes angezeigt:



Man beachte, dass es sich dabei um relative Werte handelt !

Um einen Suchweg zu bestimmen, wendet das Programm die folgenden Kriterien an:

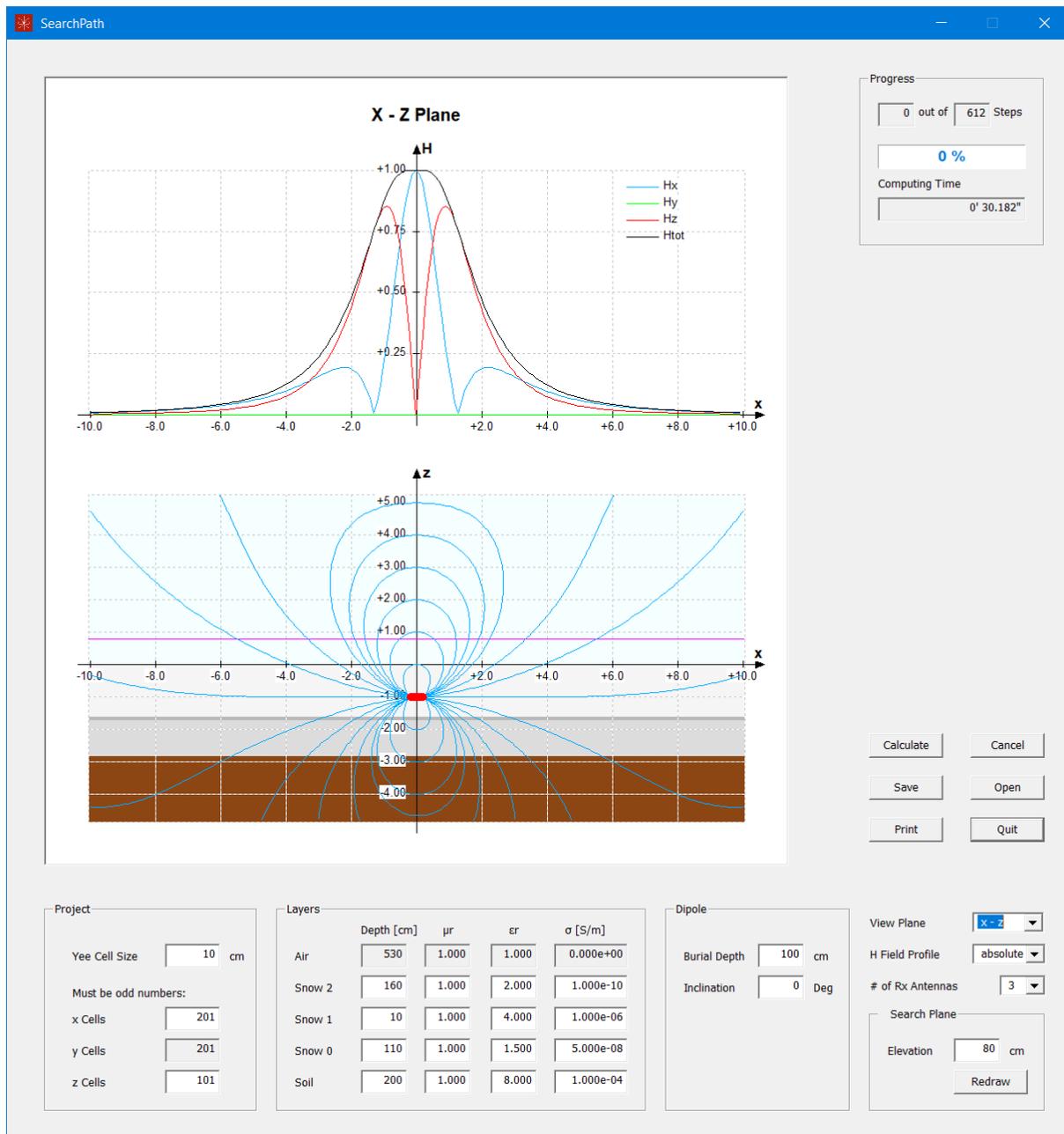
- Der ganze Suchweg muss im Bereich der Kurven liegen.
- Nimmt die Distanzanzeige am Ausgangspunkt in beiden Richtungen ab oder zu, so wird die Richtung mit dem kürzeren Suchweg gewählt.
- Nimmt die Distanzanzeige in einer Richtung ab und in der anderen Richtung zu, so wird die Richtung mit abnehmender Distanzanzeige gewählt.

Das Programm kann den gleichen Problemen begegnen, die auch eine suchende Person erfahren kann: sind die Feldlinien nahezu senkrecht zur Suchebene, so kann die Anzeige der Richtung unzuverlässig werden. Das Programm versucht dann, die Situation so gut wie möglich aufzulösen. In der Praxis ist dieses Problem weniger akzentuiert, da ein suchendes Gerät nur selten genau in der Suchebene liegt.

In diesem Bereich sind die H-Feld-Komponenten in der x- und y-Richtung sehr klein, was im LVS zu numerischen Problemen führt. Auch eine kleine seitliche Verschiebung kann die Richtungsanzeige sehr stark ändern. Die beste Taktik, um diese Probleme zu überwinden, ist es, sich auf die Distanzanzeige zu fokussieren und in Richtung der abnehmenden Distanz weiter zu gehen.

2.3.1.2 Die X-Z - Ansicht

Die X-Z - Ansicht zeigt die Feldlinien in der vertikalen Ebene, welche den Dipol enthält und durch die x- und z-Achsen definiert ist und das Profil der H-Feld-Komponenten auf der Höhe der Suchebene:

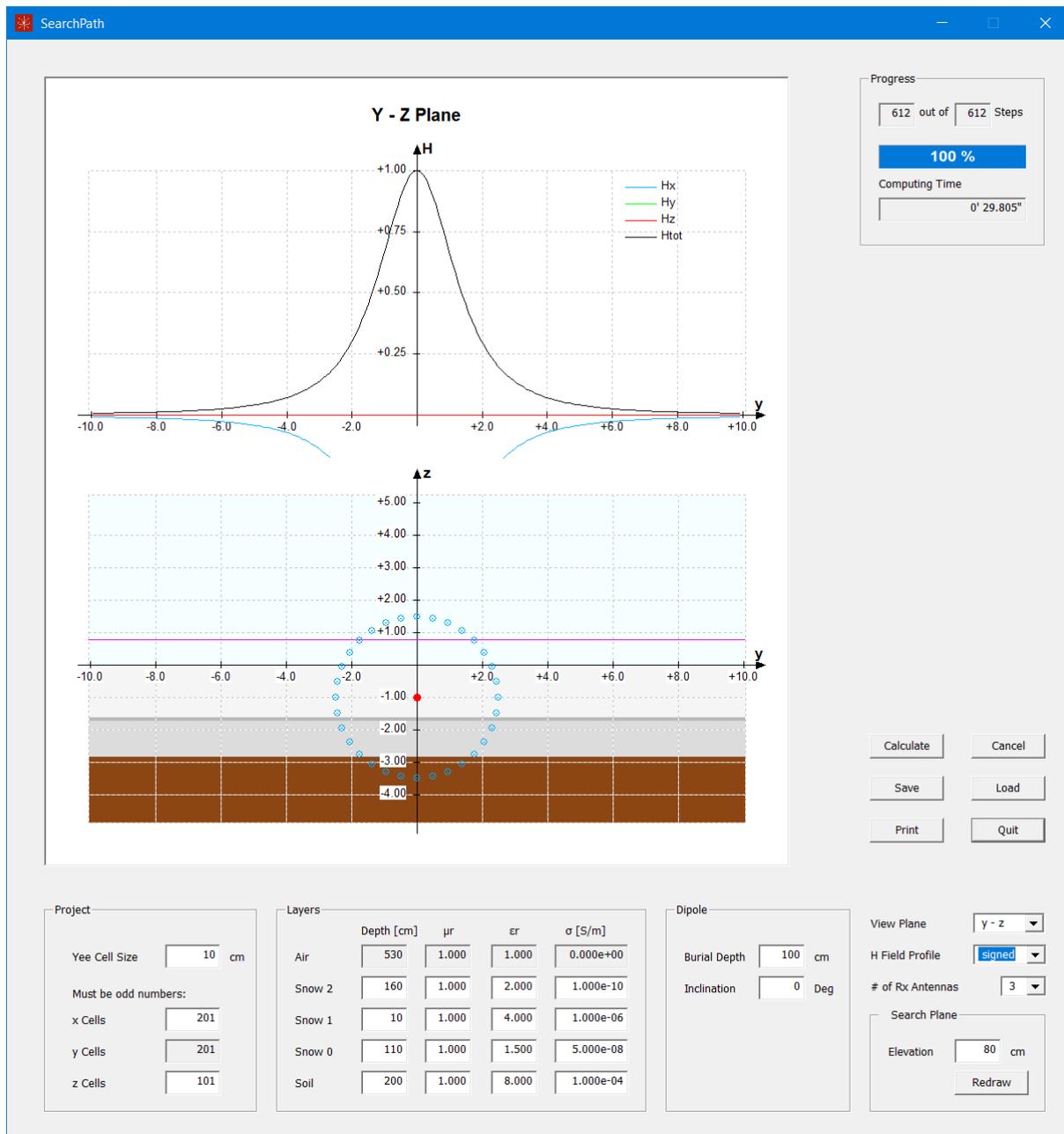


Im unteren Teil der Feldlinien-Anzeige ist der Effekt des Bodens sichtbar: Die von der Achse des Dipols ausgehenden Feldlinien beginnen in einiger Distanz vom Dipol zu steigen.

Die numerischen Werte des H-Feldes sind wiederum relativ.

2.3.1.3 Die Y-Z - Ansicht

Die Y-Z – Ansicht zeigt die Feldlinien in der vertikalen Ebene, welche den Dipol enthält und durch die y- und die z-Achse definiert ist und das Profil der H-Feld-Komponenten auf der Höhe der Suchebene:



In diesem Spezialfall (Neigung des Dipols 0°) sind die Feldlinien exakt senkrecht zur y-z-Ebene. Sie können deshalb nur als Punkte dargestellt werden. Bei anderen Neigungen des Dipols ist der Verlauf der Feldlinien ähnlich demjenigen in der x-z-Ebene.

2.3.2 Das H-Feld-Profil

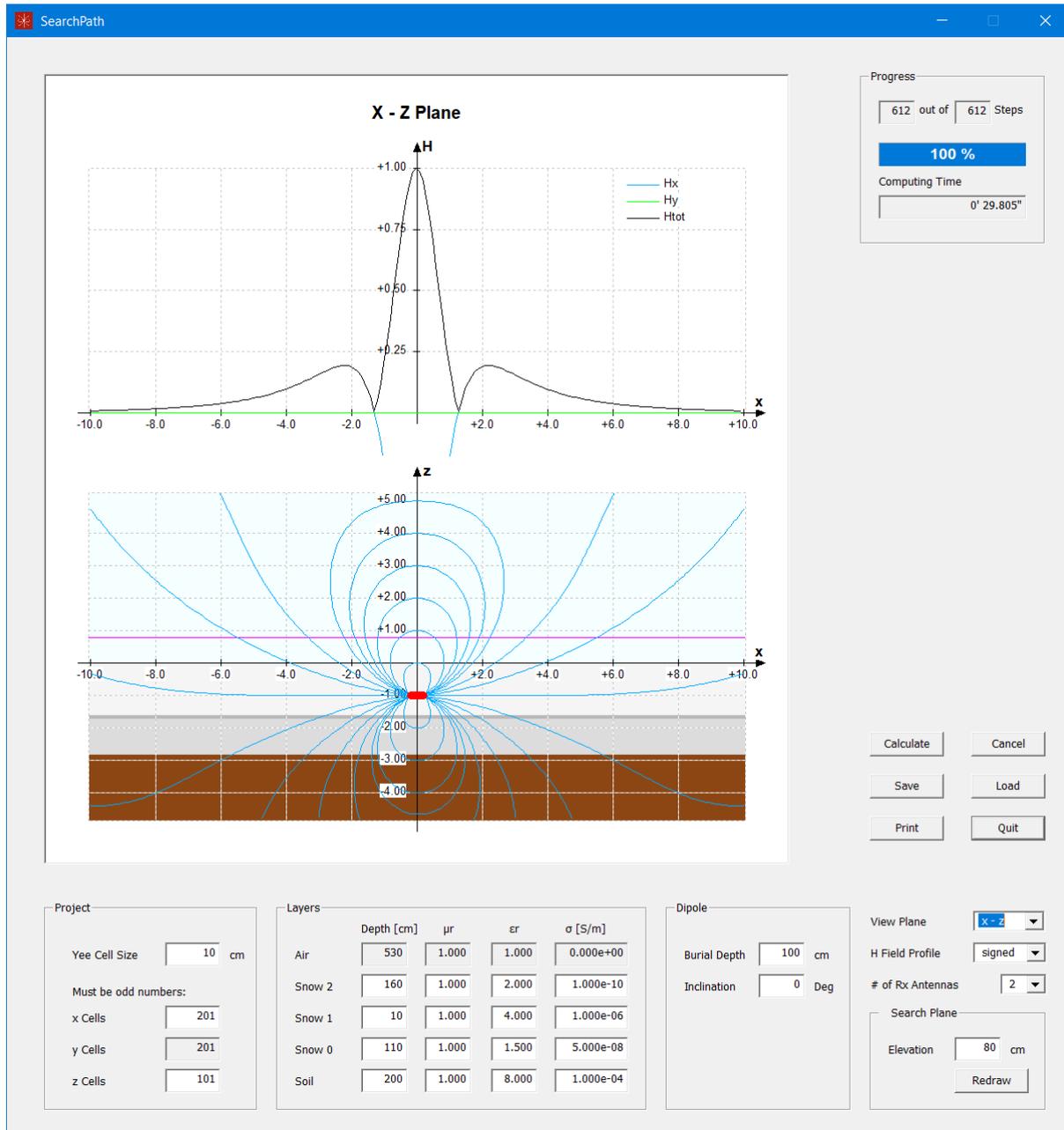
Für die Anzeige des H-Feld-Profiles gibt es zwei Optionen:

2.3.2.1 Ohne oder mit Vorzeichen

Standardmässig wird das Profil ohne Vorzeichen angezeigt. Man beachte, dass das Vorzeichen der Komponenten 457'000 Mal pro Sekunde wechselt.

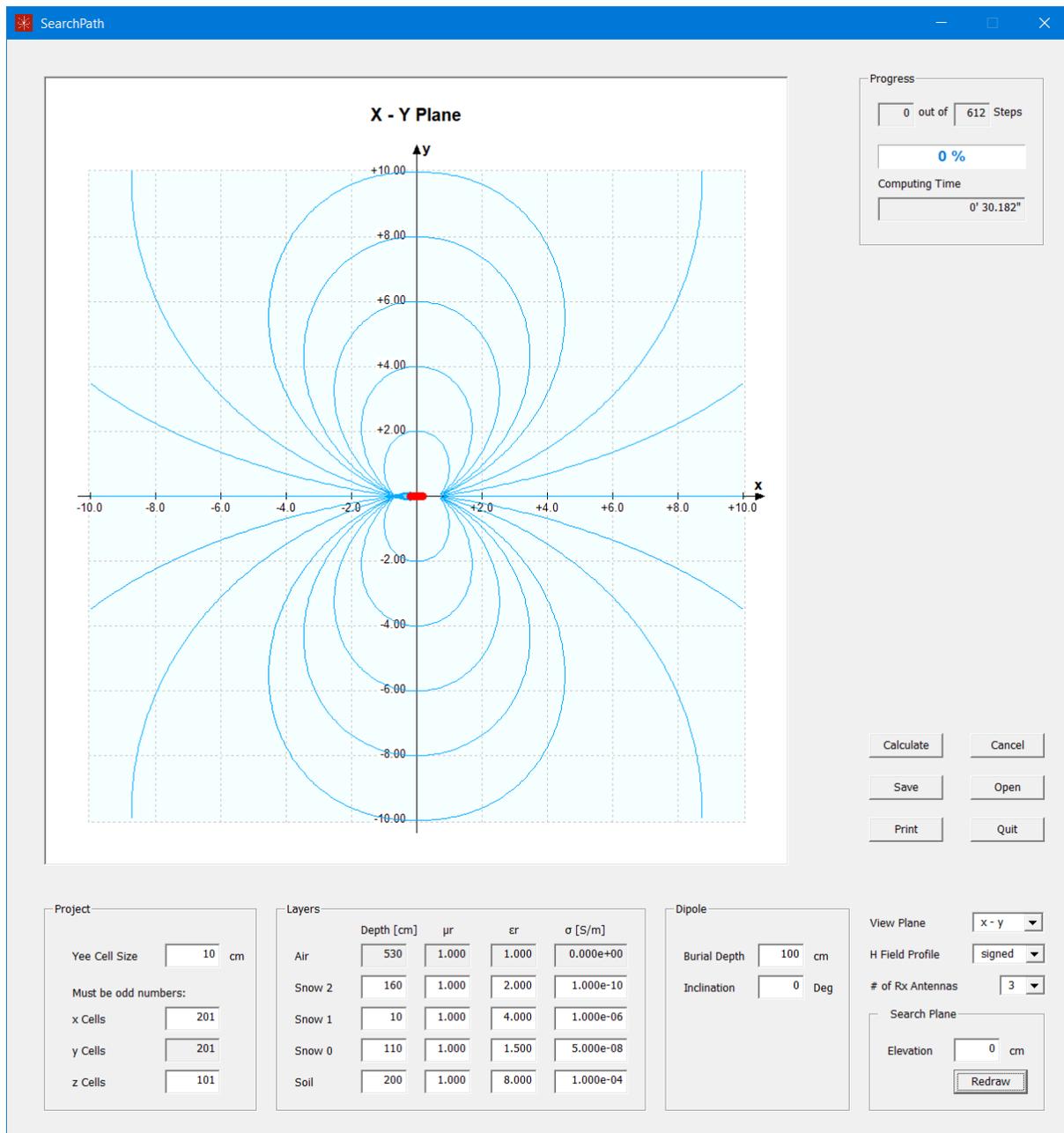
2.3.2.2 Die Anzahl der Antennen im suchenden LVS

Das Profil kann für ein LVS mit drei oder zwei Antennen angezeigt werden.



2.3.3 Die Höhe der Suchebene

Während einer Suche kann das suchende LVS auf oder über der Schneeoberfläche bewegt werden. Die Lage der Schnittpunkte der Feldlinien mit der x-Achse ist von der Höhe der Suchebene abhängig:



Je geringer die Höhe, desto näher sind die Schnittpunkte bei der Position des Dipols. Nach einer Anpassung der Höhe muss der "Redraw" Knopf geklickt werden, um die Kurven anzupassen.

3 Ressourcen

3.1 Speicherplatz

Die grosse Matrix mit all den Würfeln und ihren E- und H-Feld-Werten besteht aus ((X Cells) x (Y Cells) x (Z Cells)) Würfel. Jede Feldkomponente braucht 4 Bytes bei `float`-Präzision, und die Anzahl der Komponenten pro Würfel ist 6. Dazu kommen einige Bytes für die Abspeicherung der Werte auf den Oberflächen des Blocks. Hier eine Abschätzung des Speicherplatzes, der für das Programm im RAM des PC zur Verfügung stehen sollte:

X Cells	Y Cells	Z Cells	~Bytes
21	21	21	223'000
201	201	101	97'933'000
401	401	201	775'705'000

3.2 Rechenleistung

Die Berechnung für einen Raum von 201 x 201 x 101 Würfeln braucht 300 bis 800 Schritte, abhängig von den elektromagnetischen Eigenschaften der Schichten. Auf einem Rechner mit einer CPU Intel® Xeon® W-2102 mit einer Taktfrequenz von 2.9 GHz dauert die Berechnung etwa 30 Sekunden.

3.3 Anzeige

Die Anzeige sollte in der Vertikalen mindestens 1080 Punkte aufweisen.

3.4 Betriebssystem

Das Programm wurde auf Computern mit Windows 7 und Windows 10 getestet.

4 Referenzen

Für weitere Referenzen, siehe das Dokument "Search Path Documentation.pdf".

4.1 Algorithmen

- [100] Yee, K.S.; Numerical Solution of Initial Boundary Value Problems Involving Maxwell's Equations in Isotropic Media; IEEE Trans. On Antennas and Propagation, Vol. 14, No. 3, May 1966, pp. 302 - 307.
- [101] Taflove, A., Hagness, S. C., M. E.; Computational Electrodynamics, The Finite Difference Time Domain Method; 3rd Edition, Artech House Inc. 2005

4.2 Eigenschaften der Schichten

4.2.1 Schnee

- [200] Ayuso, Cuchi, J.A., N., Lera, F., Villarroel, J.L.; Avalanche Beacon Magnetic Field Calculations for Rescue Techniques Improvement; in: [2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium](#), pp. 722-725, 2007.
- [201] Evans, S.; Dielectric Properties of Ice and Snow – A Review; J. Glaciol. 5, 773–792 (1965)

4.2.2 Boden

- [300] Liu, Ning; Soil and site characterization using electromagnetic waves; Thesis (Ph.D.)—Virginia Polytechnic Institute and State University, 2007, Chapter 2.
- [301] Electrical Characteristics of the Surface of the Earth; ITU Recommendation ITU-R P.527-3, 1992.
- [302] Scott, J.H.; Electrical and Magnetic Properties of Rock and Soil; United States Department of the Interior, Geological Survey; Open-File Report 83-915, 1983.

4.3 Andere

- [400] Ayuso, N., Cuchí, J.A., Lera, F., Villarroel J.L.; A deep insight into avalanche transceivers for optimizing rescue; Cold Region Science and Technology, Vol. 111 (2015), pp. 80-94.
- [401] Mc Tavish, J. P.; Field pattern of a magnetic dipole; Am. J. Phys. Vol. 68, No. 6, June 2000; pg. 577-578