

SubsurfaceViewer



© INSIGHT Geologische Softwaresysteme GmbH



HANDBUCH
SubsurfaceViewer XL
SubsurfaceViewer MX
6.0

© 2014, INSIGHT Geologische Softwaresysteme GmbH

Alle Warenzeichen und Handelsnamen, die in diesem Text genannt werden, sind Eigentum des jeweiligen Besitzers und werden nur zur Benennung und Erklärung verwendet. SubsurfaceViewer Reader, SubsurfaceViewer XL und SubsurfaceViewer MX sind eingetragene Warenzeichen der INSIGHT Geologische Softwaresysteme GmbH, Köln, Deutschland.

Kontakt:

INSIGHT Geologische Softwaresysteme GmbH
Hochstadenstraße 1-3
50674 Köln
Deutschland

E-Mail: INSIGHT@SubsurfaceViewer.com
Telefon: +49 (0)221-99409981
Web: <http://www.SubsurfaceViewer.com>

Einsatzgebiet des SubsurfaceViewer XL & MX	3
Aufbau des Handbuches	3
Download und Installation des SubsurfaceViewer XL & MX.....	5
Die Benutzeroberfläche	5
Programm-Einstellungen und Programm-Status.....	7
Das Kartenfenster (2D-View)	9
Objektsteuerung.....	9
Nutzung des Kartenfensters	10
Das Profilschnittfenster (Section-View)	11
Das 3D-Fenster (3D-View)	13
Das Bohrungsfenster	17
Das Info-Fenster	17
Objekte und Projekte	17
Modelldaten	18
Digitales Höhenmodell (GRID)	20
Triangelnetz (TIN)	19
Geologische Schicht	19
Stoerung	20
Voxel-Modelle	20
Karten und Befunddaten	21
Digitale Karten	21
Shape-Dateien.....	22
Bohrungen	22
Profilschnitte	23
Dateiformate	24
Die generelle Schichtenabfolge-Datei *.GVS	24
Legende-Datei *.GLEG	25
Bohrprofilbeschreibung *.bid, *.blg, *.plg und *.las.....	26
Legende-Datei für numerische Parameter *.nvleg	29
Punktdateien *.dat, *.ptd und *.xyz.....	30

Einführung und Anleitung:

Die Erstellung und Analyse von Strukturmodellen auf der Basis berechneter Schichtunterflächen mit dem SubsurfaceViewer XL/MX.....31

Das grundlegende Konzept der SubsurfaceViewer-Strukturmodelle	31
Vorbereitung des Modellaufbaus	31
Erstellen von Schichten und Einlesen der Schichtunterflächen.....	32
Visualisierung und Analyse des Schichtenmodells.....	32
Exportmöglichkeiten zur Nutzung der Strukturmodelle mit anderen Programmen	33

Die Erstellung von Strukturmodellen auf der Basis vernetzter Profilschnitte mit dem SubsurfaceViewer MX 34

Das grundlegende Konzept der SubsurfaceViewer MX Modellierungsmethode	34
Vorbereitung der Modellierung	36
Korrelation von Schichten im Profilschnitt	36
Festlegen der Verbreitungsgrenzen der Schichten	37
Berechnen der Schichtunter- und Oberflächen	38
Modellierung von Linsenkörpern.....	39

Anhang

Export nach MODFLOW:

Exportieren von Strukturdaten und Konduktivitätswerten für den Import in das Strömungs-Modellierungsprogramm MODFLOW	40
--	----

Einsatzgebiet des SubsurfaceViewer XL & MX

Der **SubsurfaceViewer**[®] ermöglicht sowohl eine flexible und umfassend **Visualisierung** und **Analyse** von Informationen des geologischen Untergrunds am Computerbildschirm als auch die **Erstellung und Modellierung von geologischen Strukturmodellen**. Der SubsurfaceViewer kann verschiedenste Datenformate zusammenstellen und daraus 2D- und 3D-Darstellungen erzeugen, auf die der Anwender jederzeit uneingeschränkter Zugriff hat. Somit ist der SubsurfaceViewer nicht nur ein optimales Werkzeug zur visuellen Analyse des Untergrunds. Er erlaubt dem Anwender auch, die grafische Präsentation der Erkundungs- und Modelldaten aktuellen Fragestellungen, die bei der Bearbeitung und Diskussion eines Gebiets aufkommen, unmittelbar und optimal anzupassen. Der **SubsurfaceViewer** ermöglicht es nun - und das ist im Vergleich zur herkömmlichen Vorgehensweise revolutionär - jederzeit die Karten und Darstellungen zur Untergrundsituation zu erzeugen, die zum bestmöglichen Verständnis der Datenlage und der geologischen Untergrundsituation führen. Gleichzeitig werden die geologischen Daten maximal aufgewertet, da sie in allen gewünschten Kontexten dargestellt und veranschaulicht werden können. Umfangreiche Exportfunktionen gestatten es, die Modelldaten mit anderen Softwaresystemen weiter zu verarbeiten, sei es im Rahmen von GIS-Anwendungen, Standortplanungen oder Grundwassermodellierungen.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit die Daten und Modelle zu publizieren, das heißt, diese einer in der Anzahl nicht beschränkten Gruppe von Anwendern zur Verfügung zu stellen. Die Anwender können dann mit der kostenfreie Version des SubsurfaceViewer Reader, die publizierten Projekte und digitale Untergrundmodelle am Bildschirm betrachten und weiter analysieren. Der Nutzer profitiert doppelt, denn es entstehen ihm durch das Herunterladen der frei verfügbaren Version des **SubsurfaceViewer Reader** keine zusätzlichen Software-Kosten und er hat an jedem beliebigen Bildschirmarbeitsplatz sofort vollen Zugriff auf das veröffentlichte Modell.

Aufbau des Handbuchs

Dieses Handbuch des SubsurfaceViewer XL gliedert sich in drei Teile. Im ersten Teil werden der grundsätzliche Aufbau der Benutzeroberfläche mit den unterschiedlichen Fenstern und Steuerungsmöglichkeiten beschrieben. Um sich in das Programm einzuarbeiten ist es empfehlenswert, die beschriebenen Funktionalitäten unmittelbar auszuprobieren. Es empfiehlt sich hierfür, das Demoprojekt, das auch auf der Internetseite www.SubsurfaceViewer.com zum Download bereit gehalten wird, zu nutzen.

Der zweite Teil gibt einen Überblick über die Objekte, die mit dem SubsurfaceViewer visualisiert und analysiert werden können. Dieser Teil ist allgemein gehalten und dient dazu, die Möglichkeiten des Systems aufzuzeigen.

Im dritten Teil werden die Datenformate erläutert, die benötigt werden, um Daten in den SubsurfaceViewer zu integrieren und Objekte zu generieren.

Mithilfe dieser drei Teile sollte der Anwender mit der Benutzeroberfläche des SubsurfaceViewers vertraut sein, in der Lage sein, das Programm zu installieren, Daten einzulesen und viele Objekte selber zu erzeugen und darzustellen.

Darüber hinaus stehen mehrere Tutorien zur Verfügung in denen spezifische Anwendungen detailliert beschrieben werden. Um die Anwendungsfälle einfach nachvollziehen zu können, werden diese Beispiele mithilfe eines Demoprojektes erläutert. Jedes Tutorial befinden sich in einer separaten PDF-Dateien. Die Tutorien werden gelegentlich durch weitere Beispiele ergänzt. Zur SubsurfaceViewer MX Version stehen weitere Tutorial zur Verfügung, die den Modellierungsprozess beschreiben.

Download und Installation des SubsurfaceViewer XL & MX

Das Programm wird grundsätzlich nur als Download zur Verfügung gestellt. Sie erhalten je nach gewünschter Programmversion (XL oder MX, 32bit oder 64bit Version) eine Download-Adresse von der INSIGHT Geologische Softwaresysteme GmbH. Hier können Sie das Setup-Programm downloaden.

Systemvoraussetzungen

Computer mit

- Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 Betriebssystem oder Mac OS 10.6 Betriebssystem oder höher
- OpenGL ab Version. 2.1.
- 1 GB Speicher

Installation des SubsurfaceViewer für Windows Betriebssysteme

Nach dem Download beginnt die Installation mit einem Doppelklick auf die .exe-Datei des SubsurfaceViewer Setup-Programms. Ein Eingabedialog wird geöffnet.

- Akzeptieren Sie die Lizenzvereinbarungen. Dann: **Weiter** .
- Pfad akzeptieren oder ändern. Dann: **Weiter**.
- Desktop-Symbol akzeptieren oder ändern. Dann: **Weiter**.
- Die bisherige Auswahl wird angezeigt. Dann: **Installieren**.
- direkt starten oder nicht starten wählen. Dann: **Fertigstellen**.

Es dauert einen Moment, dann entpackt das Installationsprogramm alle notwendigen Dateien und installiert den SubsurfaceViewer. Er steht dann unter diesem Namen in der Programmliste des Betriebssystems. Falls Sie die entsprechende Option gewählt haben, wird auch ein Symbol des Programms auf Ihrem Desktop angezeigt. Über die Systemsteuerung lässt sich das Programm wieder deinstallieren.

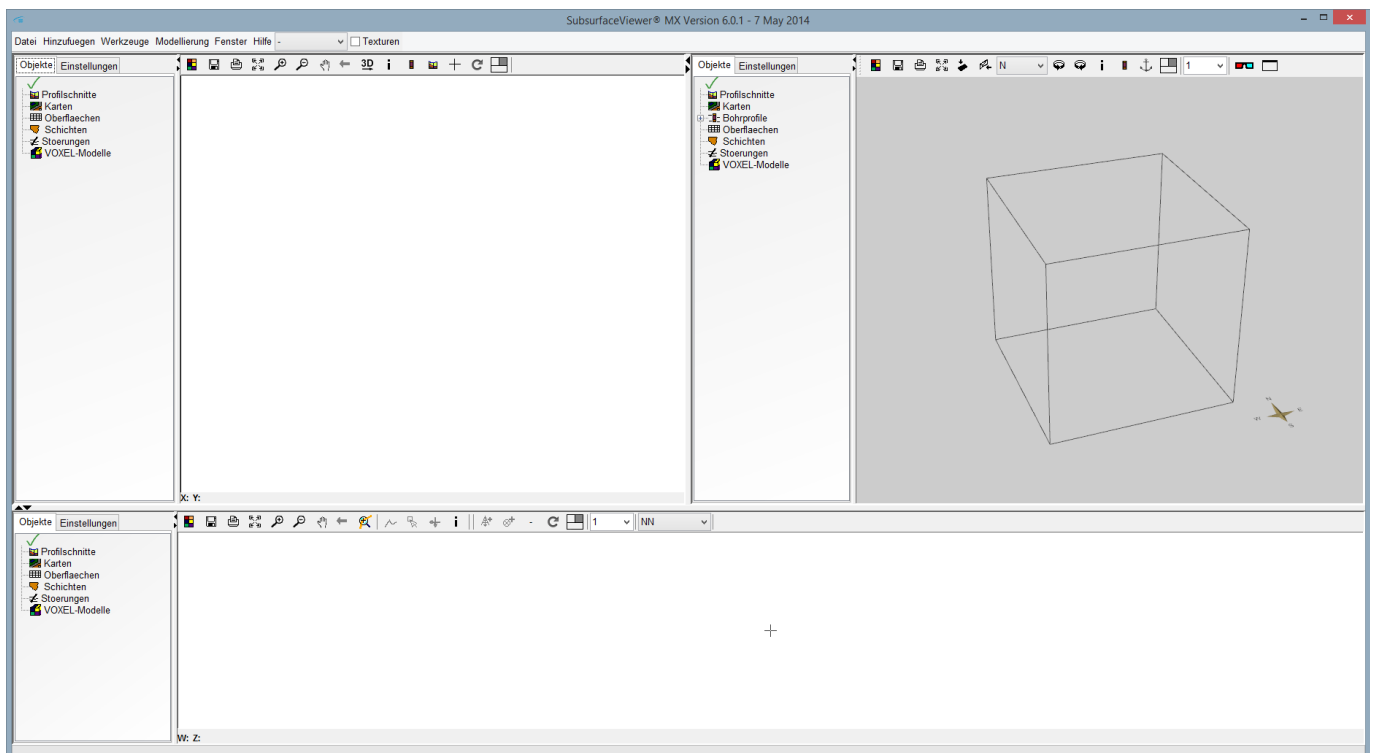
Installation des SubsurfaceViewer für Mac OS X Betriebssysteme

Entpacken Sie die zip-Datei in einem Ordner ihrer Wahl. Eine spezielle Installation ist nicht notwendig.

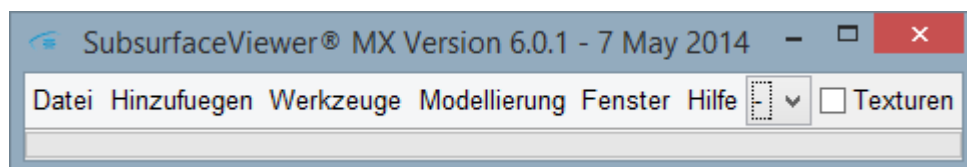
Die Benutzeroberfläche

Der SubsurfaceViewer XL wird durch einen Doppelklick auf das Symbol auf dem Desktop oder durch Auswahl aus der Programmliste des Betriebssystems gestartet. Wenn Sie ein Mac OS X Betriebssystem verwenden, wird das Programm durch einen Doppelklick auf der SubsurfaceViewer_MX.jar bzw. SubsurfaceViewer_XL.jar Datei gestartet. Ist auf dem Mac keine Java 6 Version installiert, so werden Sie aufgefordert diese zu installieren, bevor der SubsurfaceViewer gestartet werden kann. Beim ersten Programmstart werden die Lizenzbedingungen angezeigt, die für einen Programmstart akzeptieren werden müssen.

Einige Sekunden nach dem Splash-Screen erscheint der Standardbildschirm des SubsurfaceViewers mit den drei Standardfenstern.



In der obersten Zeile befindet sich das Hauptmenü:



Der Menüpunkt **Modellierung** ist nur in der MX-Version verfügbar.

Nach dem Start sind immer die drei Standard-Fenster sichtbar:

- Oben links: das **Kartenfenster** zur Darstellung der Daten in 2D.
- Oben rechts: das **3D-Fenster** zur Anzeige der Daten in 3D.
- Unten: das **Profilschnitte-Fenster** zur Anzeige von Daten in vertikaler Schnittsicht.

Die Standardfenster sind jeweils in zwei Bereiche geteilt:



Rechts in jedem der Fenster ist der Bereich für die Grafik. Im linken Bereich der einzelnen Fenster befindet sich die Objekt–Liste und der Eingabebereich für die grundsätzlichen Einstellungen des Grafik-Bildschirms. Diese werden über die jeweiligen Reiter sichtbar geschaltet. Standardmäßig ist die Objekt-Liste sichtbar.

In der Objekt-Liste sind die **Objekt-Typen** (Profilschnitte, Karten, Oberflächen, Schichten, Störungen und VOXEL-Modelle) aufgelistet, die wie Ordner funktionieren, in denen man die einzelnen Objekte findet. Diese kann man hier an- und abschalten, d.h. auf der Karte, im 3D-Fenster oder Profilschnittfenster als sichtbar oder unsichtbar einstellen, je nachdem, welche Ansicht der Daten man aktuell wünscht. So kann die Darstellung jederzeit direkt an aktuelle Fragestellungen während der Bearbeitung oder einer Präsentation angepasst werden. Mit einem Rechtsklick auf die Objekt-Typen wird ein Pop-Up-Menü geöffnet. Diese unterscheiden sich je nach Objekt-Typ und Fenster. Die Optionen **Alle Objekte einblenden** und **Alle Objekte ausblenden** sind immer vorhanden und beziehen sich auf die Objekte des jeweiligen Objekt-Typs. Ausgenommen hiervon sind nur die Profilschnitte im Profilschnittfenster, da in diesem Fenster jeweils nur ein Profilschnitt dargestellt werden kann.

Über die einzelnen Objekte kann man mit Rechtsklick ein Pop-Up-Menü aufrufen. Hier werden je nach Objekt unterschiedliche Optionen angeboten, u.a. die Einstellungen für die Darstellung auf dem Grafik-Bildschirm.





Neben dem Reiter *Objekte* befindet sich der Reiter *Einstellungen*. Wird diese Karteikarte angewählt, so erscheint ein Eingabedialog für die grundlegenden Einstellungen der jeweiligen Grafik .

Alle Fenster können durch Verschieben der Kanten vergrößert und verkleinert werden.

Man kann das 3D-Fenster vom Standardbildschirm ablösen und separat zeigen, z.B. wenn man zwei Monitore gleichzeitig benutzt und das 3D-Fenster als einziges auf einem der beiden Monitore sehen möchte oder einen Beamer für die 3D-Darstellung benutzen möchte. Auch lassen sich alle drei Fenster entkoppeln, so dass sie unabhängig voneinander auf dem Monitor positioniert werden können. Im Menü **Fenster** aktiviert man dazu die Option **3D-View entkoppeln** bzw. **Views entkoppeln**. Mit dem Menüpunkt **Fenster/Voreinstellung** wird die Standardeinstellung wie beim Programmstart wieder hergestellt. Die Voreinstellung lässt sich auch durch Klicken auf den Knopf  in der Toolbar der einzelnen Fenster wieder herstellen. Zusätzlich gibt es noch die Möglichkeit einen 3D-Präsentations-Modus zu aktivieren. Wird dieser ausgewählt, so ist nur noch das 3D-Fenster sichtbar. Durch Klicken auf den Knopf  wird der Standardmodus wieder hergestellt.

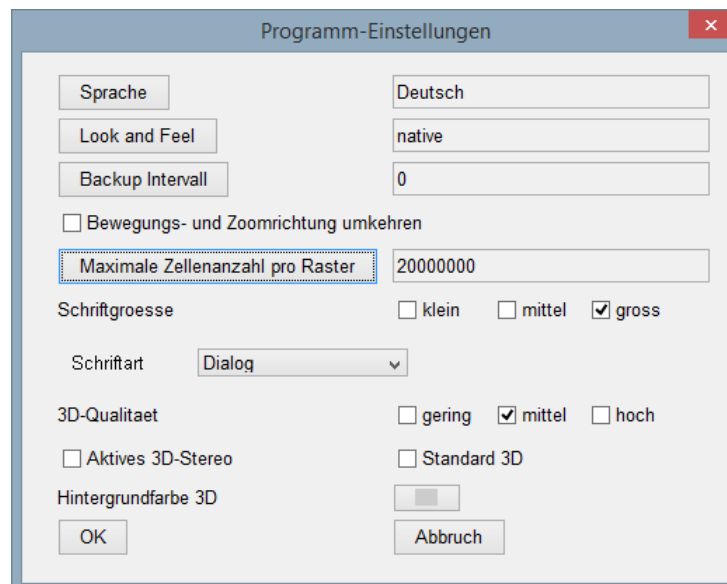
! Stehen mehrere Bildschirme zur Verfügung, dann können die einzelnen Fenster nur dann wieder gekoppelt werden, wenn sich alle Fenster auf einem Monitor befinden

An der Oberseite jedes Grafik-Fensters befindet sich eine Toolbar mit mehreren Symbolen. Diese Toolbars beinhalten unterschiedliche Funktionen, die an entsprechender Stelle später erläutert werden. In allen Toolbars haben die ersten vier Knöpfe die selbe Bedeutung:

-  Festlegung der Hintergrundfarbe
-  Abspeichern der Grafik als Bilddatei
-  Drucken der Grafik
-  Zoomen in die Gesamtansicht

Programm-Einstellungen und Programm-Status

Einige Funktionen der Benutzeroberfläche lassen sich generell festlegen. Hierzu gehören die Sprache, das grundsätzliche Aussehen, Schriftgröße und Schriftart usw. Diese Einstellungen können unter *Datei/Programm-Einstellungen* vorgenommen werden:



An Sprachen stehen z.Z. Deutsch, Englisch, Niederländisch, Polnisch und Flämisch zur Auswahl.

Die Einstellung „Look and Feel“ legt das grundsätzliche Erscheinungsbild des Programms fest. Neben der Einstellung native, die das Aussehen an das jeweilige Betriebssystem anpasst, besteht die Möglichkeit eine vom Betriebssystem unabhängige Form zu wählen, die auf unterschiedlichen Betriebssystemen gleich aussieht.

Das Backup Intervall legt fest, ob und wie oft das Projekt im Hintergrund gesichert werden soll. Steht hier eine 0 so erfolgt kein automatisches Backup. Das Backup wird im Standard-SubsurfaceViewer Verzeichnis abgelegt. Dieses Verzeichnis wird unter *Hilfe/Ueber SubsurfaceViewer angezeigt*.

Die Bewegungs- und Zoom-Richtung lässt sich hier einstellen. Standardmäßig wird die Szene bewegt, bei aktivierter Umkehrung wird die Betrachterposition verschoben.

Schriftgroesse und Art legen die grundsätzlich Beschriftung der Benutzeroberfläche fest, also alle Schriften der Menüs und der Dialoge.

Die Einstellung 3D-Qualität bezieht sich auf die Qualität der Grafik im 3D-Fenster. Diese Einstellung wirkt sich auf die Geschwindigkeit aus, mit der ein Änderung der Größe des 3D-Fensters erfolgt. Bei mittlerer und hoher Qualität kann es mehrere Sekunden dauern, bis sich das 3D-Fenster nach einer Größenänderung zeigt.

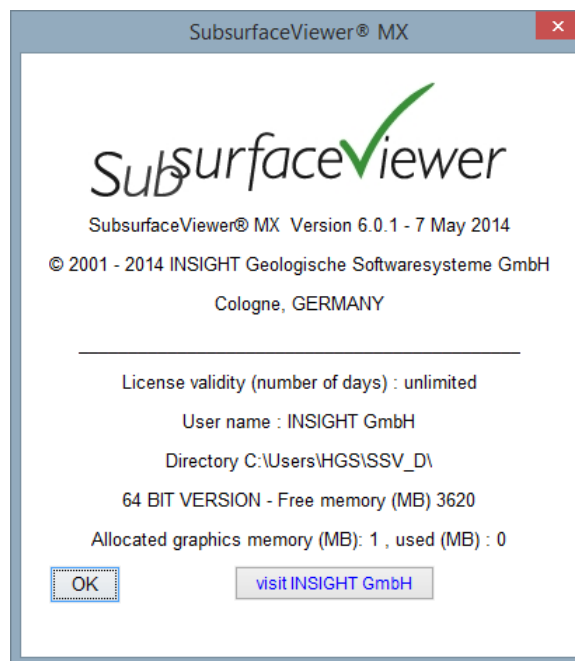
Aktives 3D-Stereo kann ebenfalls eingeschaltet werden.

! Aktives 3D-Stereo kann nur dann verwendet werden, wenn es von der Grafikkarte unterstützt wird.

Standard 3D legt fest, ob die für die Grafikkarte eingestellte 3D-Grafikeinstellung genutzt werden soll. Dies beschleunigt i.d.R. den Aufbau des 3D-Fensters bei Änderungen der Größe, kann dabei aber zu einer erheblichen Verschlechterung der Qualität führen. Standardmäßig ist diese Option deaktiviert.

Die beim Programmstart zu benutzende Hintergrundfarbe des 3D-Fensters lässt sich ebenfalls einstellen.

Informationen über den Programmstatus erhält man unter *Hilfe/Ueber SubsurfaceViewer*



Hier wird der Lizenzstatus, Benutzername, das Standardverzeichnis des SubsurfaceViewers, ob es sich um eine 32Bit oder 64Bit Version des Programms handelt, sowie der noch verfügbare Speicher und der schon benutzte Speicher für die 3D-Graphik angezeigt.

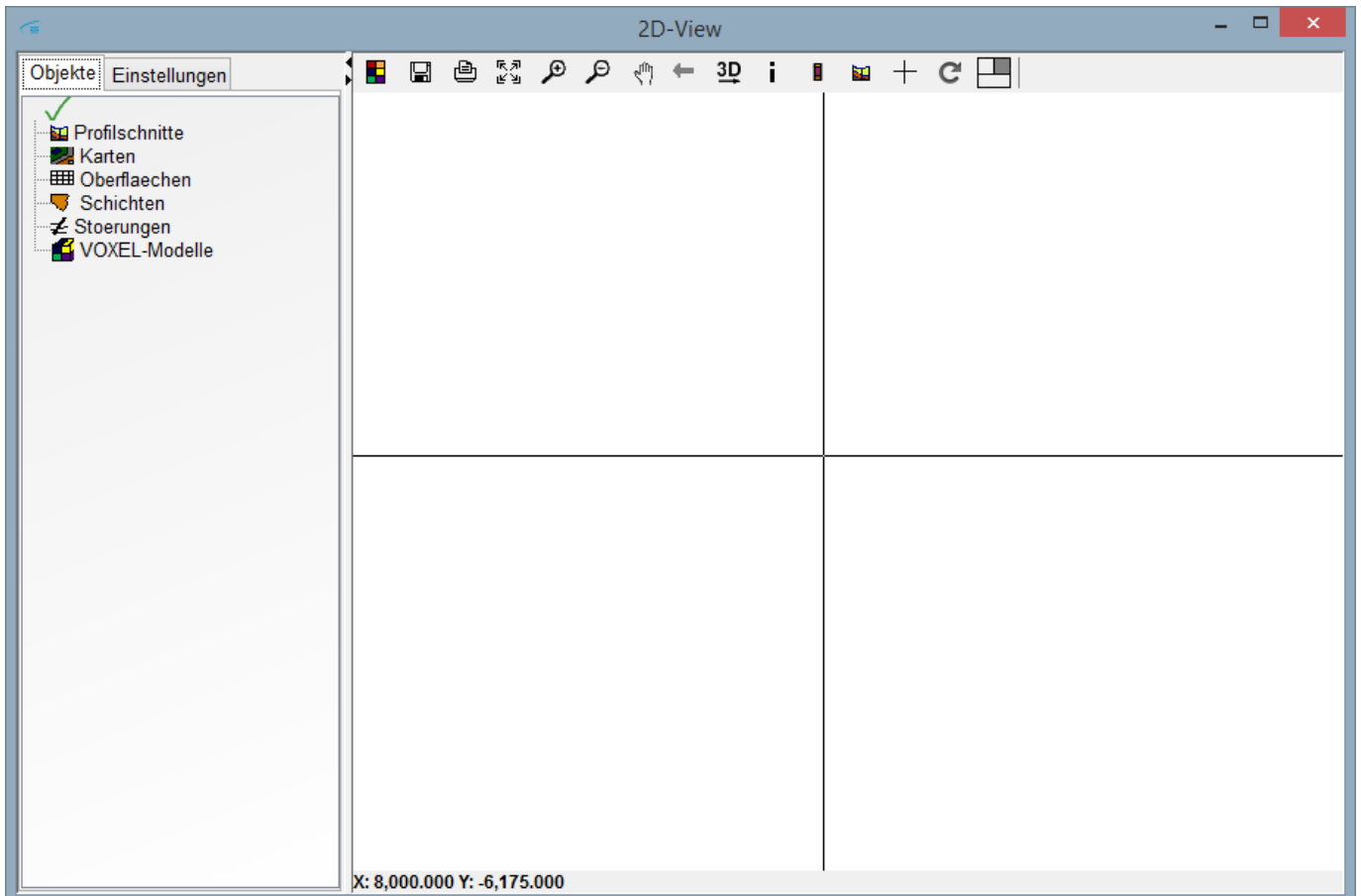
Das Kartenfenster (2D-View)

Ein Projekt besteht in der Regel aus einer großen Anzahl von Objekten. Der Zugriff auf diese Objekte erfolgt über die Objekt-Liste. Fast alle Objekte eines Projektes sind immer in der Objekt-Liste des Kartenfensters aufgeführt, hiervon ausgenommen sind nur einzelne Bohrlogs und 3D-Karten.

Objektsteuerung

Die Objekte werden folgenden **Objekt-Typen** zugeordnet:

- Profilschnitte:** Vertikale Schnitte durch das Modell
- Karten:** Kartendarstellungen von Bildern, Shape-Dateien, Bohrpunktkarten und horizontale Schnitte
- Oberflaechen:** Flächen im Raum, z.B. die Geländeoberfläche, Festgesteinsoberfläche oder Grundwasseroberfläche
- Schichten** Strukturen geologischer Schichten (Unterfläche, Oberfläche und Seitenbegrenzung).
- Stoerungen:** Geologische Störungsflächen
- VOXEL-Modelle:** Dreidimensionale Raster des Untergrunds zur Beschreibung unterschiedlicher Parameter und Eigenschaften.





Die im Projekt vorhandenen Objekte kann man sich durch Expandieren (Anklicken) des jeweiligen Objekt-Typs anzeigen lassen. Die einzelnen Objekte kann man sichtbar bzw. unsichtbar schalten, indem man sie durch Anklicken mit einem Haken markiert oder die Markierung entfernt.


Durch einen Rechtsklick auf einen Objektnamen öffnet man ein Popup-Menü, über das man das Objekt steuern und dessen Einstellungen ändern kann, z.B. kann man das Objekt in den Vorder- oder Hintergrund setzen oder eine Verknüpfung des Objekts mit dem 3D-Fenster herstellen.


Nutzung des Kartenfensters

Befinden sich Objekte im Kartenfenster lässt sich der sichtbare Ausschnitt mithilfe der Toolbar-Optionen *Gesamtansicht*, *Navigationsmodus Zoomen*, *Ansicht verkleinern*, *Navigationsmodus Schieben* und *Letzte Sicht wieder herstellen* bestimmen.

Wird auf den Knopf  Gesamtansicht gedrückt, so wird automatisch eine Vergrößerung gewählt bei der alle Objekte innerhalb des Kartenfensters liegen.

Mit dem Knopf  wird der Zoom-Modus eingeschaltet. In diesem Modus wird bei gedrückter linker Maustaste ein Rechteck aufgezo-gen mit dem der Ausschnitt bestimmt wird, der im Kartenfenster sichtbar sein soll. Wird die Maustaste entlastet, so erfolgt unmittelbar die Änderung der Darstellung. Der Ausschnitt wird entsprechend der Seitenverhältnisse des Kartenfensters angepasst. Als Referenzpunkt wird die linke obere Ecke genommen.


Durch Drücken des Knopfes  wird der Darstellungsmaßstab schrittweise verkleinert, es wird also jeweils ein größerer Teil des Projektgebietes in Kartenfenster dargestellt.


Durch Drücken des Knopfes  wird der Navigationsmodus Schieben eingeschaltet. In diesem Modus lässt sich das Bild bei gedrückter linker Maustaste in alle Richtungen verschieben.

Mithilfe des Mousrads kann der Maßstab ebenfalls vergrößert oder verkleinert werden. Diese Funktion ist unabhängig vom jeweiligen Navigations-Modus immer aktiv. Der Bezugspunkt bei dieser Funktion ist jeweils der Fenstermittelpunkt.

Zusätzlich zum Navigationsmodus Schieben, der mithilfe der Maus gesteuert wird, kann die Karte auch mit den Pfeiltasten der Tastatur bewegt werden. Die Ansicht wird nach links, rechts, oben und unten entsprechend der Pfeilrichtung verschoben. Alternativ zu den Pfeiltasten können auch die Tasten A,S,D und W verwendet werden.

! Die Bewegungs- und Zoom-Richtung lässt sich im Dialog *Datei/Programm-Einstellungen* festlegen.

Mit dem Knopf  werden jeweils die letzten Ansichten wieder hergestellt. Alle Ansichten werden zwischen gespeichert, so dass sich mithilfe dieses Werkzeugs die Ansichten schrittweise zurücksetzen lassen.

Mit dem Knopf  lässt sich die im Kartenfenster sichtbare Karte in das 3D-Fenster überführen. Hierfür muss der Karte ein Höhenwert zugewiesen werden. Beim Klicken auf das Symbol erscheint ein Eingabedialog, in dem entweder ein fester Höhenwert eingegeben oder eine im Projekt vorhandene Oberfläche als Höhenreferenz ausgewählt wird.

Mit dem Werkzeug \perp kann die Form des Cursors verändert werden. Standardmäßig wird die Position des Cursors durch eine vertikale und eine horizontale Linie markiert, die jeweils über die ganze Breite bzw. Höhe des Bildes verläuft. Die Cursorposition ist der Schnittpunkt dieser beiden senkrecht aufeinander stehenden Geraden. Diese Cursor-Form hat die Eigenschaft, dass sie mit der Position im Profilschnitt-Fenster verknüpft ist. Bewegt man die Maus im Profilschnittfenster, so wird das Cursor-Kreuz im Kartenfenster automatisch mitgeführt. Die Koordinate wird links unten im Kartenfenster angezeigt. Schaltet man die Cursor-Form um, so wird der Standard-Cursor verwendet. Je nach Modus wird die Cursor-Form angepasst, so dass immer ersichtlich ist, in welchem Modus sich das Fenster befindet.

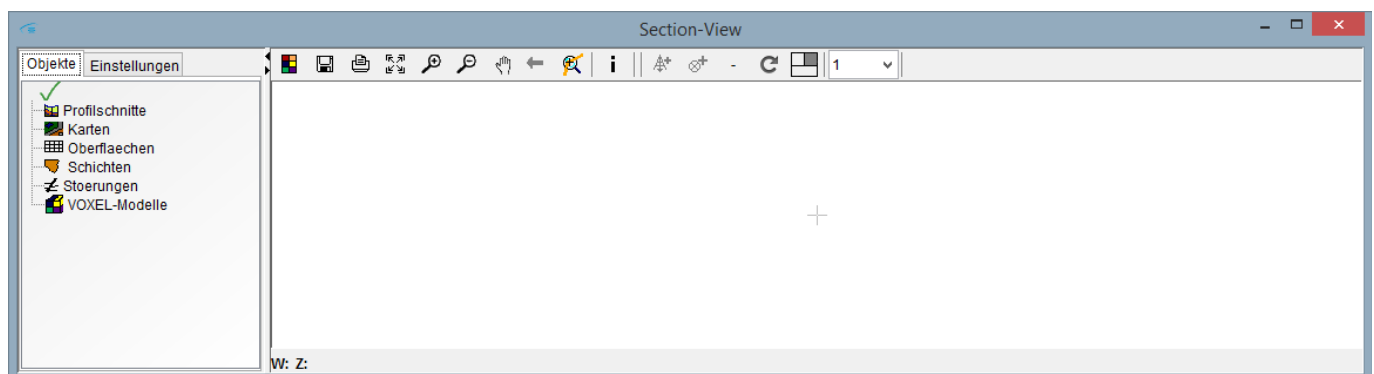
Ist der Info-Modus aktiv, so wird beim Klicken auf ein Objekt, eine Information am unteren Rand des Fensters angezeigt. Diese ist so lange sichtbar, wie die Maus-Taste gedrückt bleibt. Wird die Maus-Taste gelöst, so erscheinen die Koordinaten der Cursor-Position in dieser Zeile.

Ist der Modus Synthetische Bohrung aktiviert, so wird durch klicken mit der Maus an der entsprechenden Cursor-Position eine synthetische Bohrung berechnet und diese im Bohrprofil-Fenster dargestellt. Synthetische Bohrungen lassen sich nur dann erstellen, wenn ein Schichtenmodell im Projekt vorhanden ist.

Ist der Modus Profilschnitt aktiviert, so kann durch klicken an der Cursorposition die Erstellung eines Profilschnittes gestartet werden. Wird die Maus bewegt, so wird eine Linie wie ein Gummiband nachgeführt, bis erneut geklickt wird. Dies kann beliebig oft wiederholt werden und definiert so den Verlauf des gewünschten Profilschnitts. Das Profil wird mit einem Doppelklick beendet. Das Profil wird dann automatisch im Profilschnitt-Fenster angezeigt und erhält den Namen SCS n, wobei n eine fortlaufende Nummer ist, z.B. SCS-0. Die Nummer wird automatisch erhöht, sobald ein neues Profil erstellt wird.




Das Profilschnittfenster (Section-View)

Im Profilschnittfenster werden die Objekte entlang einer Linie als vertikaler Schnitt dargestellt. Es werden nur Objekte dargestellt, zu denen es eine sinnvolle vertikale Darstellung gibt. Georeferenzierte Karten und Bohrpunktkarten beispielsweise erscheinen nicht im Profilschnitt-Fenster.



Profilschnitte können, zusätzlich zu der oben beschriebenen Methode, interaktiv im Kartenfenster durch die Definition einzelner Punkte entlang einer Linie erstellt werden. Entlang dieser Linie erfolgt dann die vertikale Darstellung im Profilschnittfenster. Diese Möglichkeit ist erst dann verfügbar, wenn mindestens

ein Objekt im Kartenfenster vorhanden ist. Um diese Option zu aktivieren, wählt man in der Menüleiste unter **Werkzeuge** die Option **Profilschnitt interaktiv erstellen**. Danach gibt man zunächst einen Profilnamen in den Eingabedialog ein und aktiviert in der Toolbar des Kartenfensters das Symbol **i (Info)**. Durch Drücken der linken Maustaste auf der Karte bestimmt man nun eine Koordinate – den Startpunkt des zu erstellenden Profilschnitts -. Dieser wird auf der Karte durch ein kleines rotes Dreieck markiert.

Um diese Koordinate mit dem Profilschnitt zu verknüpfen, klickt man im Profilschnittfenster auf das Symbol  (Koordinate an Profil anhängen). Die x-y-Koordinaten erscheinen daraufhin in einem Eingabedialog und werden entweder direkt mit O.K.. bestätigt oder vorher nach Wunsch abgeändert. Diese Punktkoordinate wird als Startpunkt für das Profil verwendet. Durch festlegen einer beliebigen Anzahl weiterer Punkte wird dann eine Linie, die aus einer Folge von Geraden besteht, definiert. Die Eingabe erfolgt analog zur Eingabe des Startpunktes. Ab der zweiten Koordinate wird der Profilschnitt kontinuierlich als Grafik, abhängig von den vorhandenen Objekten im Profilschnitt-Fenster angezeigt. Im Kartenfenster ist der Verlauf des Profilschnitts als rote Linie sichtbar. Neben der Erstellung eines Profilschnitts mit Koordinatenpunkten ist es auch möglich, einen Profilschnittlinie mithilfe von Bohrlog-Koordinaten zu generieren. Anstelle des Symbols  wird dazu das Symbol  (Bohrung an Profil anhängen) ausgewählt. Dazu muss eine Bohrpunktkarte zur Verfügung stehen, die im Kartenfenster angezeigt wird und die Bohrungen enthält. Diese werden als kleines Koordinatensymbol in der Karte angezeigt. Das Kartenfenster muss hierfür ebenfalls in den Info-Modus geschaltet werden. Hierfür wird auf das i-Werkzeug in der Toolbar geklickt. Befindet sich der Cursor über einem Koordinatensymbol, so wird der Name der Bohrung neben den Koordinaten unten angezeigt. Die Bohrlogs werden dann durch klicken auf das Koordinatensymbol ausgewählt. Das jeweils selektierte Bohrlog wird im Bohrlogfenster angezeigt (s.u.). Koordinatenpunkte und Bohrlochkoordinaten können gemeinsam in beliebiger Reihenfolge verwendet werden. Die Bestimmung von Koordinaten kann auch im 3D-Fenster erfolgen, wenn dort der Info-Modus eingeschaltet ist. Dies erlaubt es, auch über das 3D-Fenster den Profilschnittverlauf festzulegen.


Das im Profilschnittfenster sichtbare Profil ist aktiv, das bedeutet, dass der Profillinie weitere, neue Knickpunkte hinzugefügt werden können. Die aktive Profillinie wird immer rot im Kartenfenster dargestellt. Eine schwarze Profillinie ist inaktiv.

Ein Profilschnitt bzw. eine Profilschnitt-Linie ist nie endgültig geschlossen; es können jedem Profilschnitt jederzeit neue Knickpunkte hinzugefügt werden, nachdem man den Profilschnitt zunächst in der Objektliste des Profilschnittfensters auswählt hat. Vorhandene Knickpunkt-Koordinaten können nicht mehr geändert werden, jedoch lässt sich der jeweils letzte Knickpunkt bzw. die letzte Bohrkoordinate mithilfe des – Werkzeugs in der Toolbar löschen.

Den Grad der Überhöhung des Profilschnitts kann man über das Auswahlfenster - rechts in der Toolbar des Profilschnitt-Fensters - durch Auswahl oder Eingabe eines Wertes einstellen.

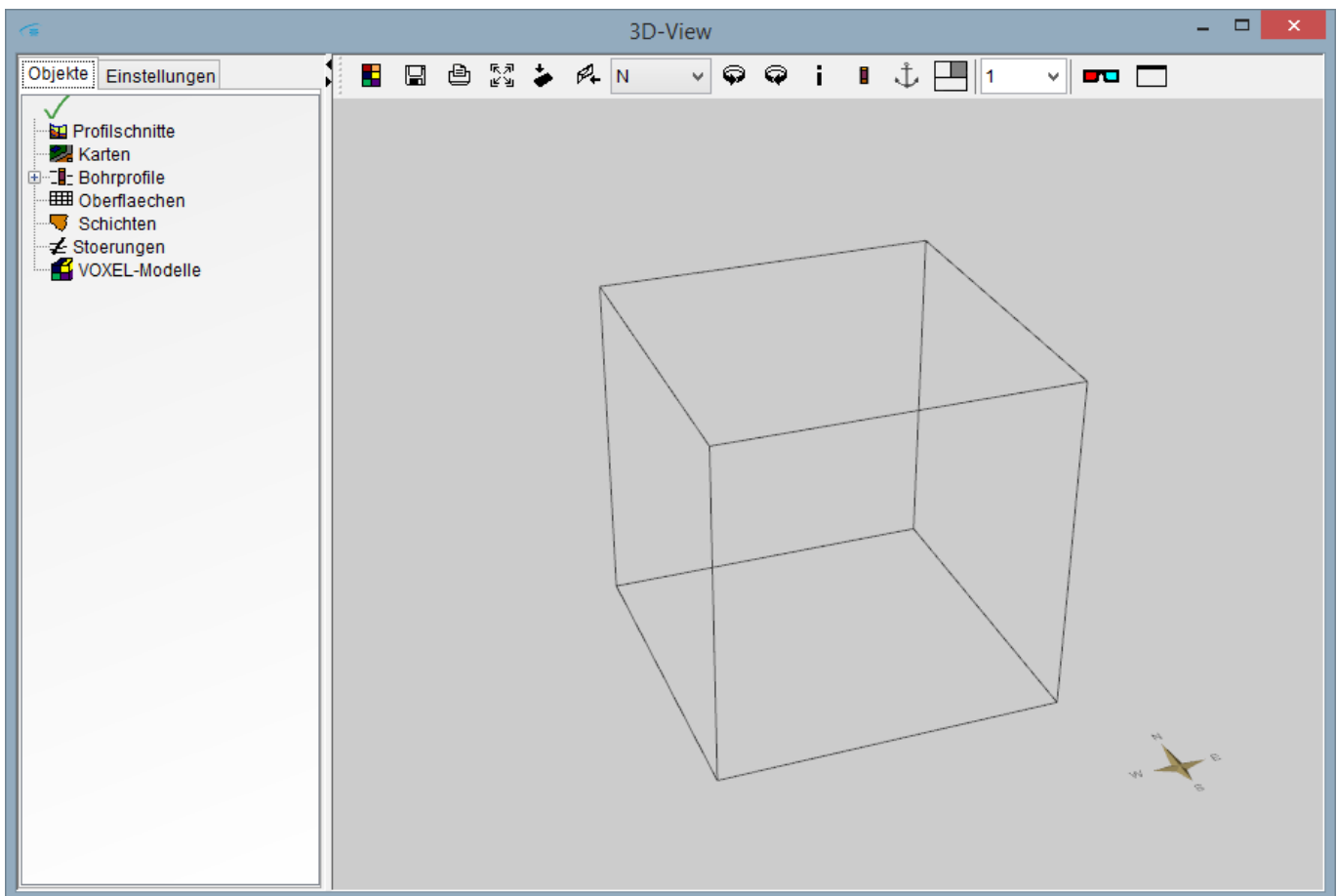
Die Einstellungen eines Profils lassen sich im Einstellungsdialog links neben der Grafik verändern. Diese können entweder nur auf das sichtbare Profil angewendet werden oder auf alle Profilschnitte.

Die Cursorposition im Profilschnittfenster wird über das Fadenkreuz im Kartenfenster mitgeführt (s.o.), d.h., dass sich die Koordinatenwerte in beiden Fenstern entsprechen.

Analog zum Kartenfenster lässt sich der sichtbare Ausschnitt mithilfe der Toolbar-Werkzeuge, Maus und Tastatur bestimmen. Zusätzlich kann der sichtbare Ausschnitt an den sichtbaren Ausschnitt des Profilschnitts im Kartenfenster mit dem Werkzeug  angepasst werden.

Das 3D-Fenster (3D-View)

Alle Objekte eines Projektes können im 3D-Fenster in einer perspektivischen Darstellung visualisiert werden. Dazu werden entweder alle Objekte eines Objekt-Typs im Kartenfenster über das Pop-Up-Menü **Binden aller Objekte an 3D-View** an die 3D-Darstellung im 3D-Fenster gebunden oder jedes Objekt wird separat ausgewählt und verbunden.



Der Grad der Überhöhung kann wie im Profilschnittfenster in der Toolbar eingegeben werden.

Zur Positionierung und zur Festlegung der Vergrößerung der Ansicht stehen folgende Optionen zur Verfügung:

Drehen und schwenken: linke Maustaste gedrückt halten und Cursor bewegen, Alt oder Strg Taste gedrückt halten und die Pfeiltasten drücken

Vergrößern und Verkleinern: rechte Maustaste gedrückt halten und Cursor bewegen oder Rädchen an der Maus drehen oder + - der Tastatur verwenden

Verschieben: Linke und rechte Maustaste gleichzeitig gedrückt halten und Cursor bewegen oder die Umschalt-Taste und die linke Maustaste gleichzeitig gedrückt halten und Cursor bewegen. Die Pfeiltasten der Tastatur und die Tasten A,S,D,W verschieben ebenfalls die Szene.

Verschieben der Projektionsebene: linke Maustaste und Strg- oder Alt-Taste gedrückt halten und Cursor bewegen. Diese Funktion erlaubt es, die Szene vor oder hinter den Computermonitor zu schieben. Dieser Effekt ist nur dann sichtbar, wenn die Szene als Anaglyphen-Bild oder als Stereo-Bild betrachtet wird. Im normalen Modus bewirkt diese Funktion lediglich eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Szene.

Im 3D-Fenster findet man in der Toolbar weitere Steuerungsmöglichkeiten der 3D-Ansicht:



Standardansicht (Gesamtansicht), (Alt + d)

Ansicht von oben
von der Seite

Eine Auswahlbox zur Definition der Richtung, in die man auf die 3D-Grafik schauen will: E (East), N (North), NW (NorthWest) etc., + T (Top = von oben), B (Bottom = von unten).



Szene gegen den Uhrzeigersinn drehen oder Video abspielen

Szene im Uhrzeigersinn drehen oder Video rückwärts abspielen

Weitere Werkzeuge im 3D-Fenster sind:



Ein- oder Ausschalten des Info-Modus (Alt i)

Ist der Info-Modus aktiviert so werden Informationen zu den Objekten angezeigt über denen sich der Cursor befindet und die linke Maustaste gedrückt wurde. Die Information wird dann im Infofenster angezeigt. Gleichzeitig wird die Koordinate an das Kartenfenster übergeben. An der Position wird ein kleines rotes Dreieck gemalt und falls das Fadenkreuz aktiv ist, dieses an die entsprechende Position gesetzt.



Ein- oder Abschalten des Modus Synthetische Bohrung (Alt s)

Ist dieser Modus aktiviert, so wird durch klicken mit der Maus die Erstellung einer Synthetischen Bohrung aktiviert.



Festlegen des Rotationspunktes der Szene (Alt_a)

Mit dem Ankersymbol wird der Rotationspunkt der Szene an der zuletzt bestimmten Position im Info-Modus verankert. Die Szene wird so verschoben, dass dieser Punkt im Mittelpunkt des Fensters erscheint. Wurde im Kartenfenster oder im Profilschnittfenster eine Position im Info-Modus markiert, so wird diese als Ankerpunkt verwendet. Damit lässt sich die Position der 3D-Szene auch aus den beiden 2D-Fenstern heraus festlegen.



Anaglyphen-Bild an/aus



3D-View auf Vollbildschirm / 2 Monitore. Hierbei werden alle Menüs, Fensterrahmen und Toolbars ausgeblendet. Wird der Vollbildmodus eingeschaltet und ist nur ein Monitor vorhanden, so kann der Vollbildmodus durch drücken von **Esc** auf der Tastatur beendet werden. Der Ankerpunkt lässt sich mit Hilfe der Enter-Taste jeweils in der Mitte des Fensters definieren.

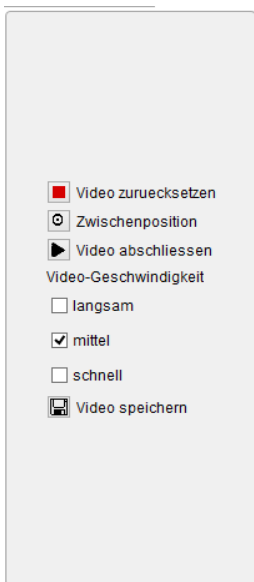
! Die Toolbar des 3D-Fensters lässt sich durch Klicken auf einen freien Bereich und Bewegen der Maus vom 3D-Fenster lösen und separat verschieben und positionieren. Dies ist dann sehr hilfreich, wenn auf einem zweiten Monitor der Vollbildmodus läuft und das Kartenfenster den ersten Monitor ausfüllt. Wird die Toolbar geschlossen, so wird sie automatisch wieder in das 3D-Fenster eingehängt.

Mithilfe des Einstellungsdialogs lässt sich die Darstellung im 3D-Fenster umfangreich anpassen und die 3D-Szene in Form eines Videos abspeichern:

- **Allgemein:** hier können das Hintergrundbild, das Fadenkreuz, eine 4-fach-Ansicht des Modells sowie Stereo-Einstellungen vorgenommen werden.
- **Skala:** hier werden die skalierungsspezifischen Angaben zum Rahmen, die Skalen-Einteilung, die Beschriftung sowie die Lichtposition zur Ausleuchtung des Modells eingestellt.
- **Exploded:** Aktivierung und Steuerung der Explosions-Ansicht des 3D-Modells.
- **Video:** Alle Spezifikationen zur Erstellung eines rotierenden Modells und dessen Abspeicherung als Videodatei.
- **Schrift:** Einstellung der Schriftart und -größe, sowie Achsenbeschriftung.

Die Einstellungen des 3D-Fensters sind weitestgehend selbsterklärend. Eine Ausnahme bildet die Erstellung von Videos. Wird dies Karteikarte aktiviert so werden die Steuerelemente zur Erstellung eines Videos angezeigt.

Mit dem Knopf **Video zurücksetzen** wird eine gespeicherte Abfolge von Zwischenpunkten gelöscht und das Video an den Anfang gesetzt.



Mit dem Knopf **Zwischenposition** wird die im 3D-Fenster sichtbare Szene festgehalten. Die erste Zwischenposition ist automatisch der Anfang des Videos. Bevor eine weitere Zwischenposition gesetzt werden kann, muss die Szene gedreht oder bewegt werden. Zwischen den beiden Positionen werden später Zwischenpositionen berechnet, sodass der Übergang zwischen den beiden Ansichten im Video fließend erfolgt. Es werden jeweils die Rotationswinkel, der Verschiebungswert, der Grad der Versatzbeträge in der Explosionsansicht und die Überhöhung mit Zwischenwerten belegt. In jeder Position können unterschiedliche Objekte sichtbar sein.


Sind alle Einzelpositionen festgelegt, so wird mit dem Knopf **Video abschliessen** die Berechnung der Zwischenpositionen gestartet. Das Video kann mit den beiden Rotationsknöpfen (siehe oben) im 3D-Fenster abgespielt werden. Mithilfe des Knopfes **Video speichern** kann das Video in eine Moviedatei gespeichert werden. Hierfür werden alle Bilder des Videos nacheinander im 3D-Fenster angezeigt. Die Abspeicherung eines Videos kann, je nach Größe mehrere Minuten in Anspruch nehmen. Die Knöpfe **langsam**, **mittel** und **schnell** legen die Geschwindigkeit der Bewegung der fest.

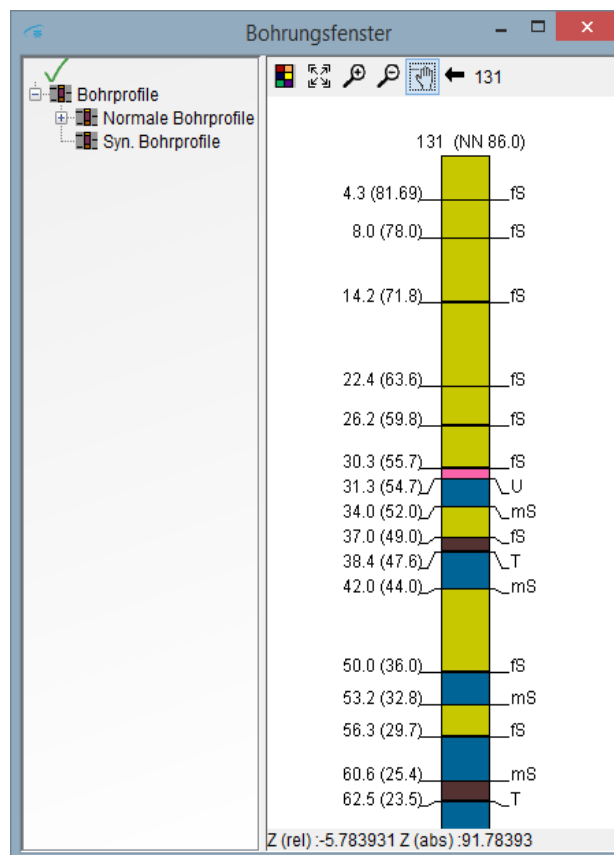
! Wird das Video abgespeichert, so wird im Dataeingabedialog am oberen Rand die Anzahl der Bilder und die Länge des Videos angezeigt.

Die drei beschriebenen Fenster stehen untereinander über die jeweilige Cursorposition in Kontakt. Wird der Cursor im Profilschnittfenster bewegt, so wird das Fadenkreuz im Kartenfenster mitgeführt. Ist das Fadenkreuz im 3D-Fenster aktiviert, so wird auch diese mitgeführt. Das Fadenkreuz des Kartenfensters führt ebenfalls das Fadenkreuz im 3D-Fenster mit.

Das Bohrungsfenster

Zusätzlich zu den drei Standard-Fenster, die zwei- und dreidimensionale Grafiken zeigen, können im Bohrungsfenster vertikale Sichten an einer Punktkoordinate erzeugt werden. Dies sind i.d.R. Bohrprofile, die als Schichtbeschreibungen vorliegen oder sogenannte synthetische Bohrlogs, die die Schichtenabfolge auf der Basis eines vorhandenen Schichtenmodells in Form eines Bohrprofils darstellen. Das Bohrungsfenster besitzt nur den Objekt-Typ **Bohrprofile** mit den beiden Unter-Typen **Normale Bohrprofile** und **Syn. Bohrprofile**. Das Bohrungsfenster lässt sich über den Menüpunkt **Fenster/Bohrungsfenster** einschalten. Das Bohrungsfenster wird links neben das Hauptfenster platziert und beim Verschieben sowie bei Größenänderungen des Hauptfensters automatisch angepasst. Sind die Views entkoppelt, so bleibt das Bohrungsfenster unverändert. Wird das Hauptfenster maximiert, so wird das Bohrungsfenster links neben das Hauptfenster platziert und wird dadurch unsichtbar.

Ist im Kartenfenster eine Bohrpunktkarte sichtbar, kann im Infomodus durch klicken auf ein Bohrlog-Symbol diese Bohrung im Bohrungsfenster angezeigt werden. Ist das Bohrungsfenster nicht sichtbar, so wird es automatisch eingeschaltet. Ist eine Schichtenmodell vorhanden, so kann, nach Aktivieren des Symbols  in der Toolbar des Kartenfensters oder 3D-Fensters, durch klicken im Bereich des Schichtenmodells ein synthetisches Bohrlog erzeugt und im Bohrungsfenster dargestellt werden.




Die Bohrungen werden je nach Typ automatisch den Objekt-Untertypen **Normale Bohrprofile** oder **Synthetische Bohrprofile** (Syn. Bohrprofile) zugeordnet. Synthetische Bohrprofile erhalten den Namen

SDL n , wobei n eine Nummer ab 1 aufwärts ist. Diese Nummer wird automatisch erhöht, sobald eine synthetische Bohrung erstellt wurde. Werden die synthetischen Bohrungen gelöscht, wird diese Nummer auf 1 zurückgesetzt.

Das Bohrungsfenster besitzt kein eigenes Einstellungsfenster neben der Objekt-Liste. Mithilfe von *Einstellungen* im Pop-Up-Menü der Objekt-Untertypen **Normale Bohrprofile** und **Syn. Bohrprofile** kann das Layout für die Bohrprofile angepasst werden. Über diese Pop-Up-Menüs können die Bohrprofile an das 3D-Fenster gesendet und gelöscht werden.

Die Grafik lässt sich analog zu den anderen Fenstern vergrößern und verschieben. Nur das Zoomen über ein Rechteckfenster ist nicht möglich.

Das Info-Fenster

Vom Programm werden viele Statusmeldungen sowie Warnungen und Fehlermeldungen in Textform, die über den Bearbeitungsverlauf und eventuelle Ausnahmen und Probleme informieren, im Info-Fenster ausgegeben. Informationen die im Infomodus ( Knopf) im 3D-Fenster abgefragt werden, erscheinen ebenfalls in diesem Fenster. Das Info-Fenster ist standardmäßig nicht sichtbar und kann über den Menüpunkt **Fenster/Info-Fenster öffnen** im Hauptmenü geöffnet werden. Wird im 3D-View der Info-Modus eingeschaltet und auf ein sichtbares Objekt geklickt, so wird das Info-Fenster automatisch geöffnet.

Objekte und Projekte

Im Programm SubsurfaceViewer dienen **Objekte** dazu sowohl Erkundungsergebnisse als auch digitale Modelle von realen „geologischen Objekten“, z.B. geologische Schichten, zu beschreiben und mithilfe des SubsurfaceViewers zu analysiert und zu visualisiert. Objekte entstehen entweder direkt durch Hinzufügen von Daten oder indirekt durch die Modellierung oder Auswertungen innerhalb des SubsurfaceViewers. Insgesamt gibt es zwölf Objektarten die sieben Objekt-Typen zugeordnet werden.

Mit **Projekt** wird eine Zusammenfassung von mehreren Objekten bezeichnet, die gleichzeitig im SubsurfaceViewer visualisiert, bearbeitet und analysiert werden. Einem Projekt lassen sich beliebig viele Objekte hinzufügen. Projekte können abgespeichert und wieder eingelesen werden. Wird nach dem Programmstart ein Objekt hinzugefügt, so entsteht automatisch ein neues Projekt, das jetzt gespeichert werden kann. Das Einlesen von Projektdateien (*.gsipr Dateien) ist nur unmittelbar nach dem Programmstart möglich oder nach Aufruf des Menüpunktes **Datei/Neues Projekt**. Zusätzlich zu den einzelnen Objekten gibt es eine Reihe von projektspezifischen Daten, die zusammen mit den Objekten gespeichert werden. Diese werden unter dem Menüpunkt **Datei/Projekt-Einstellungen** in einem Eingabedialog festgelegt und verwaltet

Alle Objekte besitzen einen eindeutigen Namen, über den sie in der Objekt-Liste identifiziert werden. Jedes Objekt wird einem Objekt-Typ zugeordnet. Wenn Objekte eines schon abgespeicherten Projektes hinzugefügt werden sollen, so kann dies über den Menüpunkt **Datei/Import** erfolgen. Sollen neue Objekte erstellt werden, stehen hierfür unter dem Menüpunkt **Hinzufügen** entsprechende Optionen zur Verfügung. Werden Objekten Namen zugewiesen, die schon vorhanden sind, so wird dem Namen automatisch eine fortlaufende Nummer zugefügt.

Die Objekte können in drei Klassen unterteilt werden:

Modelldaten

Karten und Befunddaten

Profilschnitte

Die Handhabung der Objekt erfolgt weitgehend einheitlich für alle drei Klassen, jedoch unterscheiden sich die Klassen in ihrer Bedeutungen erheblich voneinander.

Unter **Modelldaten** werden digitale Modelle realer geologischer Objekte verstanden. Die Modelle untergliedern sich in zweidimensionale und dreidimensionale Modelle. Zweidimensionale Modelle sind Flächen die digitale Höhenmodelle beschreiben (z.B. die Geländeoberfläche oder eine Grundwasseroberfläche) oder Störungsflächen, dreidimensionale Modelle sind Schichtkörper die in ihrer Summe den gesamten geologischen Raum als Strukturmodell beschreiben und Voxel-Modelle, die den geologischen Raum diskretisiert abbilden und diesem Eigenschaften zuweisen.

Karten und Befunddaten beschreiben Erkundungsergebnisse. Zu diesen Objekten existieren keine realen Gegenstücke sondern sie dienen nur zur Darstellung von Untersuchungsergebnissen. Zu dieser Klasse gehören digitale Karten, Bohrprofile und Bohrpunktkarten sowie Shape-Dateien und automatisch erstellte Horizontalschnitte.

Die Klasse der **Profilschnitte** besitzt nur ein Objekt, nämlich Profilschnitte. Profilschnitte sind vertikale Ansichten der Untergrunds entlang einer definierten Linie. In einem Profilschnitt können Objekte beider oben genannten Klassen sichtbar sein, sie sind also a priori schon mit Informationen gefüllt, sobald Objekte der beiden oben beschriebenen Klassen im Projekt vorhanden sind. Zusätzlich besteht die Möglichkeit Bilder und Messraster (z.B. geoelektrische Widerstandsmessungen) entlang des Profilverlaufs einzubinden.

! Die Korrelation von Schichten im Profilschnitt, die als Grundlage für die Modellierung von Schichtkörpern dienen, kann ebenfalls im Profilschnittfenster durchgeführt werden. Dies ist nur mit der MX Version möglich. Die Erstellung von manuell korrelierten Profilschnitten wird in einem Tutorial beschreiben.

Modelldaten

Digitales Höhenmodell (GRID)

Diese Objekte gehören zum Objekt-Typ Oberflächen. An den Koordinatenpunkten der Knotenpunkte eines virtuellen Rasters werden Zahlenwerte definiert. Der SubsurfaceViewer interpretiert diese Raster als digitale Höhenmodelle, die eine stetige Fläche im Raum repräsentieren, zusammengesetzt aus einer Vielzahl aneinander grenzender Vierecke und stellt diese entsprechend dar. Es können ESRI ASC-Grids, Surfer-Grids im ASC-Format sowie GeoObject RST-Raster eingelesen werden. Die Grid-Datei wird beim Speichern eines Projektes **nicht** kopiert und in die Projektdatei eingebettet, sondern es wird nur eine Referenz auf die Grid-Datei (Pfadname und Dateiname) abgespeichert. Das Einlesen der Grid-Datei und die Festlegung der Darstellungseinstellungen erfolgt in einem Dialogfenster.

Triangelnetz (TIN)

Triangelnetze oder abgekürzt TINs (Triangulierte irreguläre Netzwerke) werden vom SubsurfaceViewer ebenso wie Grids als digitale Höhenmodelle interpretiert. TINs werden auch dem Objekt-Typ Oberflächen zugeordnet. Die definierten Höhenwerte liegen in TINs nicht in einer regelmäßigen Rasterstruktur sondern unregelmäßig verteilt vor. Die gesamte Oberfläche wird in einer Vielzahl von aneinander grenzenden Dreiecken aufgeteilt, die die Höhenpunkte kreuzungsfrei verbinden. Auch TINs sind i.d.R. stetig. Im Unterschied zu Grids wird beim Hinzufügen eines TINs nur der Objektname abgefragt. Der Dateninhalt wird in einem zweiten Schritt über den Pop-up-Menüpunkt **Erweitert** des TIN-Objektes definiert. Es stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl:

TINs können auf der Basis von Punktdaten mit XYZ-Koordinaten berechnet werden. Hierfür muss eine Datei mit den Punktkoordinaten vorhanden sein. Die vom SubsurfaceViewer XL verwendeten Punktdatenformate sind unter beschrieben. Die Erstellung der Dreiecksvermaschung, auch Triangulation genannt, erfolgt als Delaunay-Triangulation. Ergänzend kann die berechnete Oberfläche noch weiter diskretisiert und geglättet werden.

Es können Grids eingelesen und in TINs gewandelt werden. Es werden die selben Grid-Formate unterstützt wie bei **Digitales Höhenmodell (GRID)** beschrieben. Die Rastervierecke werden hierbei jeweils in zwei Dreiecke aufgeteilt.

Es können TINs im Gocad T-Surf-Format geladen werden.

TINs werden in die Projektdatei vollständig integriert. Wurde ein Gocad-Tin oder ein TIN geladen, so befindet sich dies quasi als Kopie im Projekt und wird auch entsprechend als Kopie abgespeichert. Daher ist es möglich, TINs auch gesondert zu exportieren. Dies wird ebenfalls über den Pop-up-Menüpunkt **Erweitert** gesteuert. Neben der Möglichkeit das Gocad T-Surf-Format und das SubsurfaceViewer GXML-Format zu verwenden, lassen sich TINs auch als GRIDs speichern. Hierbei ist es möglich, sowohl die Ausdehnung, die Zellengröße der GRIDs als auch das Dateiformat (s.o.) zu bestimmen. Auf diese Art lassen sich vorhandene Grids in ihrer Auflösung verfeinern oder vergrößern sowie in andere Grid-Formate überführen.

Die Darstellungsmöglichkeiten von Grids und TINs sind sehr umfangreich. Diese werden, wie bei allen Objekten über den Pop-up-Menüpunkt **Einstellungen** festgelegt.

Geologische Schicht

Eine der herausragendsten Funktionen des SubsurfaceViewers ist die Visualisierung und Analyse geologischer Strukturmodelle. Geologische Strukturmodelle beschreiben die Verbreitung und Mächtigkeit einzelner geologischer Schichten. Strukturmodelle können nach stratigraphischen, lithologischen, hydrologischen oder anderen Einstufungen untergliedert werden. Häufig werden litho-stratigraphische Einstufungen verwendet.

Jede Schicht wird mithilfe einer Unterfläche und einer Oberfläche und, falls Sie über das Projektgebiet hinausragt, einer Seitenbegrenzung räumlich definiert. Die Ober- und Unterflächen werden entweder in Form von Rastern (Grids, s.o.) oder TINs (s.o.) beschrieben. Innerhalb eines Projektes können entweder nur Grids oder nur TINs verwendet werden. Werden Grids verwendet, so müssen alle die selbe Struktur, das heißt die selbe Gesamtgröße und Zellengröße haben.

Bevor Schichten hinzugefügt werden können, muss dem Projekt die Schichtenabfolge bekannt sein. Diese wird als genereller vertikaler Schnitt (GVS) in einer Datei definiert (s.u. Dateiformate) und über den Eingabedialog **Datei/Projekt-Einstellungen** eingelesen.

Wird der Menüpunkt **Hinzufuegen/Geologische Schicht** aufgerufen, so wird die Liste aller in der GVS-Datei definierten Schichten angezeigt. Hier kann jetzt die zu erstellende Schicht ausgewählt werden. Wie bei TINs beinhaltet die Schicht a priori keine Daten. Diese werden über den Pop-up-Menüpunkt **Erweitert** eingelesen. Es können TINs und Grids jeweils für die Schichtunter- und Schichtoberfläche eingelesen werden. Sind nur die Schichtunterflächen vorhanden, so reicht es, wenn für alle Schichten des Strukturmodells diese eingelesen werden. Unter dem Hauptmenüpunkt **Werkzeuge** findet sich die Option **Berechnen aller Schichtoberflaechen**. Diese Funktion erstellt automatisch die Schichtoberflächen und falls notwendig die Seitenbegrenzungen. Befinden sich Einlagerungen, wie z.B. Linsen im Strukturmodell, so müssen für diese immer auch die Oberflächen eingelesen werden, eine automatische Berechnung ist nicht möglich.

Geologische Schichten sind die einzigen Objekte des Objekt-Typs Schichten. I.d.R. bildet die Summe aller in einem Projekt vorhandenen Schichten das Strukturmodell. Das Pop-Up-Menü diese Objekt-Typs hat zusätzliche die Optionen die Reihenfolge der Objektliste an die Reihenfolge der Schichten in der GVS-Datei anzupassen. Im Kartenfenster lässt sich zusätzlich die Darstellungsreihenfolge entsprechend festlegen, in normaler und invertierter Reihenfolge.

! Schichten können auf der Basis von korrelierten und vernetzten Profilschnitten und der Eingabe von Verbreitungsgrenzen mit dem SubsurfaceViewer MX berechnet werden. Dies wird in einem Tutorial erläutert.

Stoerung

Als Störung werden tektonische Trennflächen bezeichnet, entlang derer sich geologische Schichten gegeneinander verschoben haben. Der SubsurfaceViewer kann diese Trennflächen in Form von TINs darstellen. Wird der Menüpunkt **Stoerung** aufgerufen, so wird, wie bei TINs, nur ein Name abgefragt. Dem Objekt Stoerung wird erst in einem zweiten Schritt über das Pop-Up-Menü **Erweitert** die Fläche zugewiesen. Mit dem SubsurfaceViewer XL bestehe die Möglichkeit jeweils ein TIN pro Störung zu laden, Störungen sind das einzige Objekt des Objekt-Typs Störungen.

! Mit der MX-Version lassen sich Störungsflächen modellieren und bei der manuellen Profilschnittkorrelation mit einbinden. Dies wird in einem Tutorial erläutert.

Voxel-Modelle

Voxel-Modelle sind neben den Strukturmodellen eine weitere Art von dreidimensionalen Untergrundmodellen, die vom SubsurfaceViewer unterstützt wird. Voxel-Modelle erlauben es dreidimensionale Verteilungen unterschiedlicher Parameter im Untergrund zu visualisieren und zu analysieren. Der SubsurfaceViewer unterstützt zwei unterschiedliche Voxel-Modelltypen.

Voxel-Modelle im CSV-Format unterteilen den Untergrund in ein regelmäßiges dreidimensionales Raster bestehend aus quaderförmigen Zellen. Die Zellengröße in XY-Ebene kann zur Z-Ebene, also der jeweili-

gen Höhe eines Voxels unterschiedlich sein. Jeder Zelle, also jedem Voxel können ein oder mehrere Zahlenwerte zugewiesen werden. Allen Rasterzellen müssen Werte zugewiesen werden. Voxel für die keine Werte existieren erhalten sogenannte Null-Werte. Der Zugriff auf die unterschiedlichen Zahlenwerte erfolgt über Namen.

Das zweite Voxel-Format hat die Bezeichnung GVMD, dies steht für generalisierte Voxel-Modell-Dateien. In diesem Format wird der Raum in Quader unterschiedlicher Größe aufgeteilt. Es werden nur die Bereiche mit Daten belegt für die auch Daten vorhanden sind, eine Belegung mit Null-Werten, wie im CSV-Format ist nicht notwendig. Dieses Format kommt z.B. zur Anwendung, wenn Schichten eines Strukturmodells lateral variierende Parameter zugewiesen werden sollen und die Struktur erhalten bleiben soll. Auch lassen sich die Zellengrößen an die jeweilige Datendichte anpassen, Bereiche mit höherer Datendichte können in relativ kleine Voxel aufgegliedert werden, Bereiche mit geringer Datendichte in entsprechend größere. GVMD-Formate können neben Zahlenwerten auch Texte als Parameter enthalten.

Der Einstellungsdialog für Voxel-Modelle ist sehr umfangreich und dient, neben der Steuerung der graphischen Darstellung, der Selektion von Bereichen und zur numerischen Analyse.

Strukturmodelle lassen sich mit dem SubsurfaceViewer als Voxel-Modell exportieren. Hierbei können sowohl CSV als auch GVMD-Formate erzeugt werden. Hierdurch ist es möglich auch für vorhandene Strukturmodelle, bestehend aus einzelnen Schichten, die vielfältigen Darstellungs- und Analysemethoden anzuwenden, die durch die Integration von Voxel-Modellen bereitgestellt werden. Beide Dateiformate sind im Kapitel Dateiformate (s.u.) beschrieben.

Karten und Befunddaten

Digitale Karten

Digitale Karten dienen im SubsurfaceViewer dazu, den Lagenbezug der Modell- und Befunddaten zu visualisieren, indem z.B. topographische Karten oder Lagepläne im Kartenfenster oder 3D-Fenster abgebildet werden. Der SubsurfaceViewer erlaubt es, digitale Bilder als Karten zu registrieren und darzustellen. Hierfür ist es notwendig, dass den Bildern die realen Koordinaten zugewiesen werden, das Bild also georeferenziert wird. Dies geschieht mithilfe eines sogenannten World-Files. In dieser Datei stehen sechs Parameter einer affinen Transformation mit der die Bildkoordinaten in Realkoordinaten transformiert werden. Der SubsurfaceViewer nutzt zur Zeit nur die Translations- (Verschiebung) und Skalierungs-Parameter, **eventuell vorhandene Rotationsparameter werden ignoriert**. Das bedeutet, dass das Bild parallel zur X- und Y-Achse des realen Koordinatensystems vorliegen muss. Das Worldfile-Format wurde von der Firma ESRI eingeführt. Eine detaillierte Beschreibung findet sich hier:

http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?pid=3034&topicname=World_files_for_raster_datasets

Ein Worldfile hat beispielsweise folgende Form:

```
20.17541308822119
0.000000000000000
0.000000000000000
-20.17541308822119
424178.11472601280548
4313415.90726399607956
```

20.17541308822119 gibt die Breite eines Pixels an, -20.17541308822119 die negative Höhe eines Pixels, die beiden 0.000000000000000 Zeilen sind Platzhalter für die Rotationsparameter, die nicht genutzt wer-

den, 424178.11472601280548 gibt die linke X-Koordinate des Bildes an, 4313415.90726399607956 die obere Koordinate.

Sollen digitale Karten im 3D-Fenster angezeigt werden, so muss eine Höhenreferenz angegeben werden. Diese kann entweder ein fester Wert sein oder ein Objekt der Objektgruppe Oberflächen. Eine feste Referenz kann im Einstellungsdialog geändert werden, eine zugewiesene Oberfläche kann nicht mehr geändert werden, jedoch der Betrag um den die Karte zur Oberfläche versetzt dargestellt werden soll ist änderbar.

Digitale Karten werden dem Objekt-Typ **Karten** zugewiesen.

Shape-Dateien

Shape-Dateien wurden auch von der Firma ESRI definiert. Eine genaue Beschreibung des Formats findet sich hier:

<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>

Der SubsurfaceViewer unterstützt die 2D-Shapefiles. Beinhaltet die Shape-Datei Polygone, so können diese über ein Grid oder TIN in ihrer Höhe referenziert werden. Die Polygone werden dann im 3D-Fenster auf der entsprechenden Oberfläche, z.B. dem digitalen Geländemodell, abgebildet. Die Sichtbarkeit der einzelnen Polygone kann durch Selektion in der, der Shape-Datei zugeordneten Tabelle, zusätzlich zur generellen Sichtbarkeit, gesteuert werden. Dies wirkt sich sowohl auf das Kartenfenster als auch auf das 3D-Fenster aus. Innerhalb von Profilschnitten werden die Polygone als Band über der zugewiesenen Referenzfläche angezeigt. Beispielsweise lässt sich so innerhalb eines Profilschnittes die geologische Karte (falls als Shape-Datei vorhanden) sichtbar machen.

! Selektierte Polygone können in eine Zwischenablage kopiert werden und als als Begrenzungspolygone in TIN-Objekten oder als Verbreitungsgrenzen in Schichten-Objekte verwendet werden. In Verbindung mit Voxel-Modellen dienen kopierte Polygone auch zur Festlegung von Begrenzungen.

Die Farbvergabe erfolgt über die Projektlegende und den ausgewählten Feldnamen der Shape-Tabelle. Shape-Dateien werden dem Objekt-Typ Karten zugeordnet.

Bohrungen

Bohrungsdaten gehören sicherlich zu den wichtigsten Befunddaten bei der Untersuchung und Darstellung des geologischen Untergrunds. Der SubsurfaceViewer ist in der Lage, Bohrprofile der geologischen Schichten zusammen mit Probandaten und geophysikalischen Logs darzustellen. Hierfür müssen die Bohrprofile und Logs in entsprechenden Dateien vorliegen, da der SubsurfaceViewer selber keine spezifischen Funktionen zum Eintippen von Bohrungsdaten besitzt. Zu jeder Bohrung muss ein sogenannter Stammdatensatz vorhanden sein. Dieser setzt sich aus Name der Bohrung, X- und Y-Koordinate des Bohransatzpunktes, Höhe des Bohransatzpunktes bezogen auf NN (oder ein anderes Bezugssystem) und optional einem Kommentar und der Referenz auf eine geophysikalische Log-Datei im LAS-Format zusammen. Stammdatendateien haben den Appendix bid als Kürzel für „Bohrloch ID“ und sind im Kapitel Da-

teiformate genau beschrieben. Die Schichtbeschreibungen aller Bohrungen stehen in einer weiteren Datei mit dem Appendix blg, als Kürzel für „Bohr-Log“.

Alle Stammdatensätze von Bohrungen, die in ein SubsurfaceViewer Projekt eingelesen werden sollen, sollten in einer Datei stehen. Alle oder eine Auswahl von Stammdaten könne in einem gemeinsames Objekt zusammengefasst werden, einer Bohrpunktkarte. Bohrpunktkarten werden mit mithilfe des Menüpunkts **Hinzufügen/Bohrungen (*.bid, *.blg)** erstellt. Da diese Zusammenfassung im Kartenfenster als Bohrpunktkarte erscheint, ist diese dem Objekt-Typ Karten zugeordnet. **Bohrpunktkarten erscheinen nicht im Profilschnittfenster.** Werden Bohrpunktkarten an das 3D-Fenster gebunden, so werden die einzelnen Bohrsäulen dreidimensional dargestellt.

Befindet sich der Cursor im Karten-Fenster in der Nähe einer Bohrkoordinate, so wird der Bohrname neben der Cursor-Koordinate links unten im Kartenfenster angezeigt. Werden einzelne Bohrungen im Kartenfenster selektiert, so werden diese im Bohrprofilfenster dargestellt. Diese Kombination ist u.a. dann sehr von Vorteil, wenn aus einer großen Anzahl von Bohrpunkten Bohrprofile ausgewählt werden sollen, die zur Festlegung von Profilschnittlinien benötigt werden.

! Mit dem SubsurfaceViewer lassen sich problemlos mehrere tausend Bohrprofile innerhalb eines Projektes handhaben.

Die einzelnen Schichten sowie die Parameter werden jeweils in einer weiteren Datei definiert. Die Formate sind im Kapitel Dateiformate (s.u.) genau beschrieben.

Profilschnitte

Profilschnitte bilden die dritte Klasse von Objekten. Ihre Aufgabe ist es, die Untergrunddaten entlang von definierten Linien vertikal zu visualisieren. Entlang der definierten Profilschnitte werden im Profilschnittfenster alle im Projekt vorhandenen Objekte dargestellt, für die es eine sinnvolle vertikale Darstellung gibt.

Zusätzlich zu den im Projekt vorhandenen Objekten lassen sich entlang einer Profillinie auch Bilder, z.B. manuell erstellt Profilschnitte oder Plots seismischer Messungen darstellen. Diese werden im Hintergrund des Profilschnitts als erstes gezeichnet. Liegen entlang der Profillinie geophysikalische Messungen, z.B. die Widerstandswerte in Rasterform vor, so lassen sich diese alternativ zu Bildern verwenden. Die Farbverläufe werden in einem speziellen Einstellungsdialog festgelegt.

Die interaktive Erstellung von Profilschnitten durch Eingabe von Koordinaten über das Kartenfenster oder 3D-Fenster oder die Selektion von Bohrungen über das Kartenfenster, ist oben beschrieben worden.

Profilschnitt (*.bid / *.blg)

Eine weitere Möglichkeit zur Definition einer Profillinie ist die direkte Auswahl einer Liste von Bohrungen aus einer Stammdatendatei mit Bohrloch-Koordinaten, zwischen denen die Profillinie aufgespannt wird. Hierfür steht im Hauptmenüpunktes **Hinzufügen** die Option **Profilschnitt (*.bid / *.blg)** zur Verfügung. Um diese Möglichkeit nutzen zu können, müssen die Bohrkoordinaten und die Schichtenbeschreibungen in zwei Dateien beschrieben sein. Diese Dateien werden auch verwendet, wenn Bohrpunktkarten (s.o.) erstellt werden.

Dateiformate

Der SubsurfaceViewer besitzt keine Funktionalität um Daten direkt einzugeben. Hierfür wird eine Reihe von Dateien benötigt, die in speziellen Formaten vorliegen müssen. In den meisten Fällen handelt es sich um Tabellen, in denen diese benötigten Informationen abgelegt sind. Alle Dateien sind reine Textdateien und können somit leicht erstellt werden. Bohrungsdaten z.B. als Export aus Datenbanken oder Legenden als Export von EXCEL-Tabellen. Im einfachsten Fall, lassen sich diese Dateien mithilfe eines Texteditors eingeben. Um zu verhindern, dass spezielle Zeichen nicht in den Tabellen verwendet werden können, ist in allen Tabellen, die vom SubsurfaceViewer verwendet werden, das Tabulatorzeichen der Feldtrenner.

Die generelle Schichtenabfolge-Datei *.GVS

Mithilfe der GVS-Datei wird dem SubsurfaceViewer mitgeteilt, in welcher vertikalen Abfolge die Schichten des Strukturmodells und in den Profilschnitten übereinander lagern. GVS bedeutet „genereller vertikaler Schnitt“ bzw. im Englischen „General vertical section“. Es handelt sich bei dieser Datei um eine Tabelle mit folgenden Spalten:

Schichtname (Name) Schichtidentifikationsnummer (ID) Eigenschaft 1 Eigenschaft 2 Eigenschaft n

Es muss mindestens der Schichtname, die Schichtidentifikationsnummer und eine Eigenschaft pro Schicht definiert werden. Der Schichtname sollte ein verständlicher Name für die geologische Einheit sein und darf in der Tabelle nur einmal auftauchen. Schichtnamen können z.B. sein Boden, Decksand, Geschiebelehm, Torfhorizont aber auch stratigrafische Formationen etc. Die Identifikationsnummer (ID) muss eine ganze Zahl sein und darf ebenfalls nur ein mal verwendet werden. Sie ist i.d. Regel positiv. Bei Einlagerungen wie z.B. Linsen werden auch negative Zahlen verwendet. Die Eigenschaften 1 bis n können weitere Parameter der Schichten beinhalten, beispielsweise übergeordnete stratigraphische Zuordnungen, lithologische Eigenschaften, hydrogeologische Einstufungen u.s.w. Die Reihenfolge der Schichten ergibt sich aus der Reihenfolge der Zeilen.

! Die ID-Nummer legt nicht die Abfolge fest, sondern ist beliebig wählbar

Die folgende Tabelle zeigt eine GVS-Datei des Demo-Projektes:

Name	ID	Schicht	Petrographie
qhy	1	qh//y	U
qhf	2	qh//f	ffS
qwfls	3	qw//Fls	fS
qwf	4	qw//f	G
qwUb	5	qw//b	U
qwhg	6	qw//hg	mS
subr	7	subr	ttt
qsgfn1	8	qs//gf	S
qsLg	9	qs//Lg	fS
qsS	11	qs//U/b	U
qsgf	12	qs//gf	S
qho	13	qhol//	U
qeMg	14	qe//Lg	T
qegf	15	qe//gf	mS
qefl	16	qe//f	T
basis	17	jo//	X
qwUb2o	-50	qw//b	U

Diese Datei kann mit jedem Texteditor erstellt werden.

! Das Zeichen, das die Spalten von einander trennt, ist ein Tabulator-Zeichen

Legende-Datei *.GLEG

Hier werden Farben und Texturen festgelegt, die vom SubsurfaceViewer bei der Darstellung von Schichten und Bohrprofilen verwendet werden. Die folgende Tabelle zeigt einen Ausschnitt aus der Legendenbeschreibung des Demp-Projektes:

qh//Lou	qh//Lou	230	255	179	255	S.jpg
qh//br	qh//br	230	204	255	255	S.jpg
qh//fm	qh//fm	230	230	242	255	S.jpg
qh//m	qh//m	191	230	242	255	S.jpg
H1	H1	166	64	13	255	T.jpg
H2	H2	179	102	77	255	T.jpg
L2.1	L2.1	102	255	128	255	S.jpg
fS	Feinsand 200	200	0	255	fS.jpg	
gS	Grobsand	0	0	200	255	gS.jpg
U	Schluff	250	100	170	255	U.jpg
L	Lehm	250	100	170	255	L.jpg

Die einzelnen Spalten haben folgende Bedeutung:

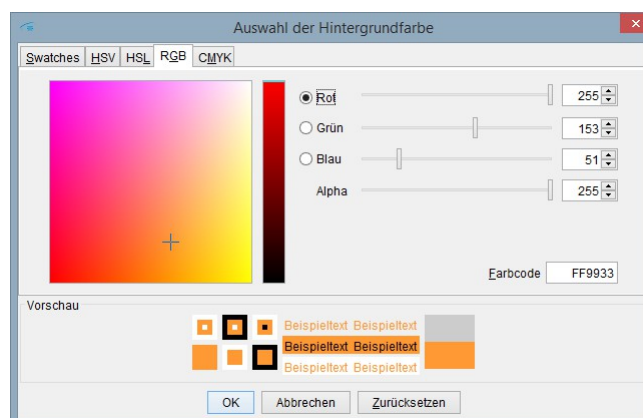
Spalte 1: Eintrag auf den sich die Farbe und Textur bezieht

Spalte 2: Erläuterung des Eintrags, diese Erläuterung wird in der Programm-Legende in Klammern mit angezeigt

Spalte 3,4,5,6: RGBA Werte der Farbe. Diese Werte liegen für die jeweiligen Anteile der Rot-Grün-Blau-Alpha Werte zwischen 0 für nicht vorhanden und 255 für vollständig vorhanden. Der Alpha-Wert gibt den Transparenzwert der Farbe an. Hier sollte in der Regel 255 stehen, was vollständig undurchsichtig bedeutet.

Spalte 7: Hier kann der Name einer Bilddatei angegeben werden. Dies Bilddatei wird als Textur verwendet.

! Die RGB-Werte einer Farbe können z.B. mithilfe des Farbauswahl-Fensters ermittelt werden, das häufig im SubsurfaceViewer erscheint, beispielsweise bei der Festlegung der Hintergrundfarbe.



Bohrprofilbeschreibung *.bid, *.blg, *.plg und *.las

Für die Beschreibung von Bohrprofilen und Bohrlogs werden vier unterschiedliche Dateiformate benötigt. Drei dieser Dateien sind wiederum Tabellen, nur die geophysikalischen LOG-Daten werden im sogenannten LAS-Format beschrieben, das von der Erdölindustrie entwickelt wurde. Die drei Tabellen beschreiben:

1. Die Bohrungsstammdaten mit Name und Lage der Bohrung *.bid
2. Die einzelnen Schichten *.blg
3. Probendaten *.plg

Bohrungsstammdaten *.bid

In dieser Tabelle müssen der Bohrungsname, die XY-Koordinate des Bohransatzpunktes und die Höhe des Bohransatzpunktes bezogen auf NN oder ein anderes Bezugssystem stehen. Die beiden folgenden Spalten können einen Kommentar und den Namen einer LAS-Datei beinhalten. Die LAS-Datei wird der Bohrung zugeordnet. Der Name der LAS-Datei muss in der 6. Spalte stehen. Einer Bohrung kann nur eine LAS-Datei zugewiesen werden. Der Spaltentrenner ist ein Tabulator-Zeichen.

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für eine bid-Datei:

B 37	61760.00	98170.00	37.00	GE	
B 38	54170.00	95450.00	85.00	GE	
B_50	51000.00	96680.00	92.50	HY	BO_50.las
B_51	51090.00	96670.00	93.50	HY	BO_52.las
B_52	50980.00	96700.00	91.50	HY	BO_53_.LAS
B_53	61600.00	88420.00	45.60	HY	
B_54	61850.00	87950.00	45.90	54.las	

Schichtdaten *.blg

Diese Tabelle enthält alle Schichtbeschreibungen aller Bohrungen. Im Unterschied zur bid-Datei sollten in der ersten Zeile die Namen der einzelnen Spalten stehen. Ist der erste Eintrag **Name, ID oder Log** (Groß- oder Kleinschreibung spielt keine Rolle), dann werden die Einträge der ersten Zeile als Spaltennamen interpretiert. Fehlen diese Spaltennamen, so werden automatisch die Zahlen 0 bis 10 als Spaltennamen eingesetzt.

In der ersten Spalte muss der Name der Bohrung stehen, auf den sich die Schichtbeschreibung bezieht, in der zweiten Spalte muss die Endteufe der Schicht relativ zur Bohransatzhöhe stehen, alle weiteren Spalten können frei vergeben werden. Das folgende Beispiel zeigt eine blg-Datei, mit den Schichtbeschreibungen der ersten drei Bohrungen der oben abgebildeten bid-Datei. Auch in dieser Datei ist das Trennzeichen der Spalten ein Tabulator.

ID	Teufe	Stratigraphie	Petrographie	Nebenanteil	Genese	Farbe
B 37	1.00	qh	S	h2,e	bo	dbn
B 37	2.50	q	fS	ms	a	dge
B 37	3.50	q	fS	ms2	a	ge
B 38	14.00	qD	mS	fs,gs2	gf	grge
B 38	1.50	qh	T	u,Econ	f	dbn-gebn
B 38	4.00	qw	fS	ms,gs2	f	grbn

B 38	19.00	q	mS	fs,gs	gf	gr
B_50	0.50	qh	S	h	bo	sw-dbn
B_50	1.50	q	fS	ms	ge	
B_50	5.50	qw	fS-mS	gs2	f	ge=gr
B_50	5.55	qw	U	h4		dgrbn
B_50	9.00	q	fS-mS	gs2		gr=bn
B_50	9.05	q	U	h4		dgrbn

Probendaten *.plg

Außer den Schichtbeschreibungen können Bohrungen auch Parameter zugewiesen werden, die nur an bestimmten Tiefenintervallen bestimmt wurden, wie z.B. Werte von chemischen Analysen in Proben. Zulässig sind ausschließlich Zahlenwerte für die einzelnen Parameter.

! In der ersten Zeile der plg-Datei müssen die Parameternamen definiert werden

Die einzelnen Spalten sind folgendermaßen definiert:

Name der ID der Bohrung
 Teufe der Obergrenze der Probe relativ zur Bohrersatzhöhe
 Teufe der Untergrenze der Probe relativ zur Bohrersatzhöhe
 Parameterwert 1
 Parameterwert 2

 Parameterwert n

Das folgende Beispiel beschreibt eine *.plg-Datei mit chemischen Analysewerten für zwei Bohrungen mit jeweils drei Probenbereichen:

ID	from	to	Cl	CKW	MKW	PCB
B 37	0.7	1.2	0.5	0.005	0.05	4.5
B 37	2.0	2.5	0.6	0.003	0.08	12.9
B 37	5.0	5.5	0.5	0.0	0.03	125.0
B 38	0.8	1.3	0.5	0.005	0.05	2.5
B 38	2.0	2.4	0.6	0.003	0.08	1.9
B 38	5.9	6.5	0.5	0.0	0.03	500.0

Die Proben lassen sich für die Darstellung neben einem Schichtenprofil durch Auswahl des Parameternamens im Einstellungsdialog für Bohrungen festlegen. Die Darstellung erfolgt in einer Farbe, die in einer speziellen Legende-Datei (s.u. *.nvleg) definiert ist.

Geophysikalische Bohrlogs *.las

Dieses Format wurde von der Erdölindustrie entwickelt, um geophysikalische Bohrlochvermessungen digital zu dokumentieren. Die hier angegebenen Namen (im Beispiel sind dies die Bezeichnungen ES/16", ES/64", SP, GR und FEL) müssen bekannt sein, wenn Logs im Einstellungsdialog für Bohrungen definiert werden. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt einer LAS-Datei:

LAS Datei erzeugt mit XYZ

```
#
#-----
~Version Information Section
VERS. 2.0 :Log ASCII Standard Version 2.0
WRAP. NO :One line per depth step
#-----
~Well Information Section
STRT.Meter 0.00 :START DEPTH
STOP.Meter 6.00 :STOP DEPTH
STEP.Meter 0.05 :STEP
NULL. 0.00 :NULL VALUE
COMP. XYZ-Company :COMPANY
WELL. 246 :WELL
FLD. XY-Ortslage :FIELD
LOC. :LOCATION
CNTY. XY-City :COUNTY
STAT. XY-State :STATE
CTRY. XY-Country :COUNTRY
SRVC. Any company :SERVICE COMPANY
DATE. 10.5.2004 :DATE
UWI. :UNIQUE WELL ID
API. :API NUMBER
#-----
~Other Information Selection
FileNo: B 9943
Kilometer: 385
DepthsScale1: 200
#-----
~Curve Information Section
Depth .Meter :1 Teufe
ES/16" .Ohmm :2 kleine Normale
ES/64" .Ohmm :3 große Normale
SP .mV :4 Eigenpotential
GR .API :5 Gamma-Ray
FEL .Ohmm :6 Fokus-Elektrolog
#-----
# Depth ES/16" ES/64" SP GR FEL
~A Log Data Section
0.00 0.00 0.00 0.00 23.59 0.00
0.05 0.00 0.00 0.00 31.41 0.00
0.10 0.00 0.00 0.00 33.83 0.00
0.15 0.00 0.00 0.00 35.63 0.00
0.20 0.00 0.00 0.00 34.06 0.00
0.25 0.00 0.00 0.00 33.91 0.00
0.30 0.00 0.00 0.00 36.48 0.00
0.35 0.00 0.00 0.00 33.44 0.00
0.40 0.00 0.00 0.00 29.61 0.00
0.45 0.00 0.00 0.00 28.20 0.00
0.50 0.00 0.00 0.00 29.14 0.00
0.55 0.00 0.00 0.00 30.39 0.00
0.60 0.00 0.00 0.00 30.70 0.00
0.65 0.00 0.00 0.00 28.98 0.00
0.70 0.00 0.00 0.00 30.39 0.00
0.75 0.00 0.00 0.00 31.88 0.00
```

..
..

Der SubsurfaceViewer wertet nur einen geringen Teil dieser Felder aus. Hier ein Beispiel für eine LAS-Datei, in der nur SPT Werte stehen. Im Kopf müssen die Blöcke ~Well, ~Curve und ~A vorhanden sein. Das Programm sucht nach ~W, ~C und ~A. STRT und STOP müssen vorhanden sein, werden jedoch nicht ausgewertet, STEP und NULL sind auch notwendig und dahinter muss eine Zahl stehen. Die Einheiten hinter Depth und SPT werden auch gebraucht und müssen mit vorgestelltem . erfolgen. Die #-----

Zeilen werden ebenfalls benötigt, da sie die Blöcke voneinander trennen. Es werden mindestens 20 – hinter dem # erwartet.

```

#-----
~Well Information Section
STRT
STOP
STEP  0.05
NULL   0.00
#-----
~Curve
Depth  .Meter
SPT    .Druck
#-----
~A
0.60 20
0.60 25
0.70 21
...
...
...
...
...

```

Legende-Datei für numerische Parameter *.nvleg

Diese Datei ist ähnlich aufgebaut wie die oben beschriebene Legende-Datei *.gleg. Die Spalten haben folgende Bedeutung:

- Parameternamen auf den sich der Eintrag bezieht
- Erläuterung
- Untergrenze des Wertebereichs
- Obergrenze des Wertebereichs
- Rotanteil der Farbe (0-255)
- Grünanteil der Farbe (0-255)
- Blauanteil der Farbe (0-255)
- Transparenzwert der Farbe (0-255)

Das Beispiel beschreibt die Farbzuzuweisung für die Parameter Chlor und Chlorkohlenwasserstoff. Die Farben sind je nach Bereich Grün, Gelb, Rot und Violett

Cl	Chlor	0	0.1	0	255	0	255			
Cl	Chlor	0.1	1	255	255	0	255			
Cl	Chlor	1.	4.	255	0	0	255			
Cl	Chlor	4.	1000.	255	0	255	255			
CKW	Chlorkohlenwasserstoff				0	0.01	0	255	0	255
CKW	Chlorkohlenwasserstoff				0.01	0.1	255	255	0	255
CKW	Chlorkohlenwasserstoff				0.1	1.	255	0	0	255
CKW	Chlorkohlenwasserstoff				1.	1000.	255	0	255	255

Die Legende-Datei für numerische Parameter ist ebenso wie die *.gleg Legende-Datei für alle Bohrungen des Projektes gültig.

! Die Farben werden den Parameterwerten nach der Bedingung > Untergrenze und <= Obergrenze zugewiesen.

Punktdateien *.dat, *.ptd und *.xyz

TINS können mit dem SubsurfaceViewer XL mithilfe von Punktdaten berechnet werden. Der Subsurface-Viewer unterstützt zwei unterschiedliche Formate von Punktdaten, die in Tabellenform vorliegen müssen.

*.dat-Dateien

In dieser Dateiform werden Punktdaten mit folgenden Informationen gespeichert:

Name X-Koordinate Y-Koordinate Z-Koordinate

Der Spaltentrenner ist ein Tabulatorzeichen. Die nächste Abbildung zeigt ein entsprechendes Beispiel:

P66	58770.00	97940.00	42.72
P67	59710.00	97940.00	39.00
P68	61500.00	96760.00	38.10
P69	56740.00	96870.00	48.11
P70	57090.00	96340.00	46.31
P71	58490.00	96850.00	41.80
P72	59700.00	96790.00	38.69
P73	61540.00	96400.00	38.70

*.ptd-Dateien und *.xyz-Dateien

In dieser Dateiform werden nur die Koordinaten gespeichert, ohne vorangestellten Name:

X-Koordinate Y-Koordinate Z-Koordinate

Die nächste Abbildung zeigt die oben dargestellt *.dat-Datei als *.ptd-Datei

58770.00	97940.00	42.72
59710.00	97940.00	39.00
61500.00	96760.00	38.10
56740.00	96870.00	48.11
57090.00	96340.00	46.31
58490.00	96850.00	41.80
59700.00	96790.00	38.69
61540.00	96400.00	38.70

In ptd-Dateien wird als Spaltentrenner ein Tabulator-Zeichen erwartet. XYZ-Dateien können als Spaltentrenner auch ein oder mehrere Leerzeichen verwendet werden.

! *.bid Dateien der Stammdaten von Bohrungen lassen ebenfalls einlesen, da sie dem *.dat-Format entsprechen, alle Einträge nach der Z-Koordinate werden dabei ignoriert.

Einführung und Anleitung:

Die Erstellung und Analyse von Strukturmodellen auf der Basis berechneter Schichtunterflächen mit dem SubsurfaceViewer XL/MX

Das grundlegende Konzept der SubsurfaceViewer-Strukturmodelle

Mit dem SubsurfaceViewer XL lassen sich geologische Strukturmodelle auf der Basis von berechneten Schichtunterflächen erstellen, visualisieren und analysieren. Der SubsurfaceViewer **MX** beinhaltet darüber hinaus Funktionalitäten zu Modellierung von Schichten auf der Basis von vernetzten Profilschnitten.

Ein Strukturmodell beschreibt die räumliche Ausdehnung von geologischen Schichtkörpern durch ihre jeweiligen Ober- und Unterflächen, die in Form eines unregelmäßigen triangulierten Netzes (TIN) oder eines regelmäßigen Rasters (Grid) beschrieben werden. Alle Schichten gemeinsam bilden das Strukturmodell.

Im Modellierungsprozess werden i.d.R. nur die Schichtunterflächen modelliert, die Oberflächen lassen sich automatisch aus den Unterflächen der überlagernden Schichten berechnen. Eine Ausnahme bilden Linsenkörper, die in Schichten eingelagert sind. Für diese müssen auch die Schichtoberflächen als TIN oder Grid vorliegen. Das Konzept des SubsurfaceViewer XL ist es, mit speziellen geologischen Modellierungssystemen erstellte Schichtunterflächen zu einem Strukturmodell zusammenzulesen und dieses dann zu visualisieren und zu analysieren. Der SubsurfaceViewer **XL** stellt selber **keine** speziellen Funktionalitäten zur geologischen Schichtmodellierung zur Verfügung. Mit der für TIN-Objekte verfügbaren Funktionalität zur Berechnung von Triangelnetzen auf der Basis von Punktdaten, lassen sich Flächen interpolieren, die auch als Schichtunterflächen verwendet werden können. Diese Funktionalität ist jedoch nur für sehr einfach strukturierte Schichtenmodelle einsetzbar.

Vorbereitung des Modellaufbaus

Die grundlegende Handhabung und einige der im Folgenden beschriebenen Vorgehensweisen sind im Handbuch SubsurfaceViewer XL/MX beschrieben.

Wenn die Schichtflächen als Grid vorliegen, so müssen alle Grids dieselbe Struktur haben, das bedeutet, die Anzahl der Rasterzellen, die Lage der Zellen in XY und die Größe der Zellen muss identisch sein. Zellen ohne Werte können mit NULL-Werten belegt werden.

Bevor das Schichtenmodell aus vorhandenen TINs oder Grids zusammen gesetzt werden kann, sind einige vorbereitende Schritte notwendig. Als erstes sollte ein digitales Höhenmodell eingelesen werden. Liegen die berechneten Schichtunterflächen als TIN vor, so muss auch das DGM als TIN vorliegen, liegen die Schichtunterflächen als Grid vor, so muss das DGM auch als Grid eingelesen werden. In den Projekteigenschaften wird das eingelesene TIN oder Grid dann als DGM definiert. Der nächste Schritt ist die Erstellung einer GVS-Datei, in der die zu erstellende Schichtenabfolge definiert wird. Diese wird auch unter dem Menüpunkt *Projekteigenschaften* eingelesen. Fall die GVS-Datei im Laufe der Arbeiten angepasst werden muss, so kann sie durch erneutes Einlesen in den Projekteigenschaften aktualisiert werden. Ebenfalls ist es empfehlenswert, eine Legende-Datei zu erstellen und einzulesen.

Erstellen von Schichten und Einlesen der Schichtunterflächen

Bevor einer Schicht eine Schichtunterfläche hinzugefügt werden kann, muss die Schicht als Objekt definiert werden. Dies erfolgt im Menüpunkt *Hinzufuegen/Geologische Schicht*. Nur Schichten, die in der GVS definiert sind, können hinzugefügt werden.

Nachdem die Schicht als Objekt angelegt wurde, wird ihr eine Schichtunterfläche zugewiesen. Hierfür stehen im Untermenü *Erweitert* des Pop-up-Menü der Schicht die Menüpunkte *Grid laden: base* und *GoCad-Tin laden: base* zur Verfügung. Unmittelbar nach dem Einlesen der Schichtfläche wird die Schichtverbreitung im 2D-View angezeigt. Die Verbreitungsfläche wird in der Farbe dargestellt, die der Schicht in der Legende-Datei zugewiesen wurde.

Jede weitere Schicht, die hinzugefügt und der eine Schichtfläche zugewiesen wird, erscheint im 2D-View über den zuletzt erstellten Schichten. Um die Schichten als geologische Karte darzustellen, also so, dass höhere Schichten tiefere überlagern, kann dies mit dem Menüpunkt *Reihenfolge invertieren* des Pop-up-Menüs der Schichten im 2D-View erzwungen werden. Wurden die Schichten nicht in der Reihenfolge der GVS-Datei erstellt, so lassen sie sich nachträglich entsprechend der GVS-Datei sortieren und darstellen. Die Schichtunterflächen lassen sich auch im 3D-View anzeigen. Hierfür werden alle Schichten einfach mit dem Menüpunkt *Binden aller Objekte an 3D-View* des Pop-up-Menüs der Schichten an den 3D-View gesendet.

Nachdem alle Schichten hinzugefügt und mit einer Schichtunterfläche versehen wurden, können alle Schichtoberflächen automatisch berechnet werden. Hierfür steht unter *Werkzeuge* des Hauptmenüs die Funktion *Berechnen aller Schichtoberflächen* zur Verfügung. Sind die Schichtunterflächen im 3D-View sichtbar, so werden sie jetzt als Körper dargestellt. Außer der Schichtoberfläche berechnet der SubsurfaceViewer automatisch auch die seitlichen Begrenzungen der Schichten. Wird unter *Einstellungen Exploded* des 3D-Views *Explosionsansicht* aktiviert, so lassen sich die Schichtkörper unmittelbar betrachten.

Visualisierung und Analyse des Schichtenmodells

Wurden den Schichten in der GVS-Datei weitere Parameter hinzugefügt, wie beispielsweise petrographische Eigenschaften, stratigraphische Stellung oder hydrogeologische Einstufung, und existieren hierfür entsprechende Einträge in der Legende-Datei, so kann der Parameter, der die Einfärbung der Schichten festlegt, mit der Auswahlbox im Hauptmenü (neben Hilfe) eingestellt werden. Die Umschaltung wirkt sich unmittelbar auf die Darstellung in allen Fenstern des SubsurfaceViewers aus.

Aus dem Schichtenmodell lassen sich synthetische Bohrprofile und Profilschnitte ableiten. Dies geschieht mit den entsprechenden Werkzeugen im 2D-View. Neben den vertikalen Profilschnitten lassen sich horizontale Schnitte in einem frei definierbaren Höhenniveau aus dem Schichtenmodell ableiten. Hierfür steht der Menüpunkt *Horizontalen geologischen Schnitt berechnen* unter *Werkzeuge* des Hauptmenüs zur Verfügung.

Eine weitere Auswertefunktion, die sich auf das gesamte Strukturmodell bezieht, ist die Berechnung einer gemeinsamen Schichtunterfläche mehrerer Einzelschichten. Diese Funktion findet sich ebenfalls unter *Werkzeuge* des Hauptmenüs. In einer Auswahlliste werden alle Schichten, die im Modell vorhanden sind, angezeigt. Es kann hier die Schicht ausgewählt werden, bis zu der (einschließlich) die Schichtunterfläche berechnet werden soll. Liegen die Schichtflächen als Grid vor, so wird ein Grid-Objekt erzeugt, liegen die Schichten als TINs vor, ein TIN-Objekt.

Horizontale Schnitte und gemeinsame Schichtunterflächen als Grids werden nicht in der Projektdatei abgespeichert.

Abgedeckte Karten bzw. abgedeckte Blockbilder lassen sich einfach durch Ausblenden von Schichten erstellen.

Neben diesen sich auf das gesamte Strukturmodell beziehenden Auswertungen können einzelne Schichten unterschiedlich dargestellt werden. Dies geschieht unter dem Menüpunkt *Einstellungen* im Pop-Up-Menü der jeweiligen Schicht. So lassen sich im 2D-View sowohl Isolinien der Schichtunterfläche und der Schichtoberfläche als auch Isopachen darstellen. Der Farbverlauf der Isolinien ist einstellbar. Eine schichtspezifische Legendendarstellung zeigt die Zuordnung der Farben und Werte. Verbreitungsfläche und Volumen können ebenfalls angezeigt werden. Im 3D-View werden ebenfalls die Isolinien als floating contours dargestellt sowie weitere Darstellungsmöglichkeiten angeboten.

Exportmöglichkeiten zur Nutzung der Strukturmodelle mit anderen Programmen

Unter dem Hauptmenüpunkt *Datei* befindet sich ein Untermenü *Export*. Hier stehen mehrere Möglichkeiten zum Export von Schichtenmodellen zur Verfügung:

Export der Schichten als SHP-Datei → die sichtbaren Schichten im 2D-View werden zu einem Polygonthema zusammengefasst und als Shape-Datei gespeichert.

Export der Schichten als Grids → Von allen Schichten werden die Schichtunterflächen, die Schichtoberflächen und die Schichtmächtigkeit als Grid gespeichert. Hierbei ist es möglich, sowohl den Ausschnitt als auch die Gitterstruktur festzulegen. Dies erlaubt es, die auf TIN basierende Modelle in Grid basierende Modelle zu konvertieren und die Auflösung zu verändern. Alle Grids werden in ein Verzeichnis gespeichert. Gleichzeitig wird eine Projektdatei angelegt, mit der ein so erzeugtes, Grid basierendes Strukturmodell in SubsurfaceViewer XL eingelesen werden kann.

Export der Schichten als Projekt → Hier wird eine Projektdatei erstellt, die ausschließlich die Schichten enthält.

Export der Schichten nach Modflow → Diese Funktion exportiert Schichtunterflächen als Grids. Die Schichtunterflächen beziehen sich hierbei auf einen in der GVS festgelegten Parameter, z.B. Hydro-Layer, in dem die einzelnen Schichten einer hydrologischen Einheit zugewiesen werden. Dieser Parameter muss eine ganze Zahl sein. Schichten mit der gleichen Nummer werden hierbei zu einer Schicht zusammengefasst. Zusammenfassen lassen sich nur Schichten, die aufeinander folgen. Sollte die jeweils zusammengefasste Schicht nicht im gesamten Gebiet verbreitet sein, so wird die Schichtunterfläche mit einer minimalen Mächtigkeit erweitert. Zusätzlich werden Grids exportiert, die einen Konduktivitätswert enthalten. Dieser wird auch in der GVS-Datei schichtbezogen definiert. Werden Schichten mit einer minimalen Mächtigkeit lateral erweitert, so werden in den entsprechend zugeordneten Konduktivitäts-Grids die Werte abgespeichert, die dort tatsächlich vorliegen, und nicht die Werte der erweiterten Schicht.

Export der Schichten nach VRML → Hiermit lässt sich eine VRML-Datei erzeugen, die alle Schichtkörper enthält. VRML ist ein Format zur Beschreibung von Geometrien für die Darstellung in 3D-Browsern. Eine Reihe von Programmen nutzen dieses Format für den Datenaustausch, u.a. 3D-Drucker. Wahlweise kann auch eine Datei für das Raytracer-Programm POV erstellt werden.

Export der Schichten als VOXEL-Modell → mit Hilfe von VOXEL-Modellen lassen sich weitere Auswertungen und Analysen von Strukturmodellen durchführen. Voxelmodelle lassen eine Kombination von Strukturdaten und Parameter-Daten zu. Strukturmodelle lassen sich mit diesem Menüpunkt direkt in VOXEL-Modelle umwandeln. Die Visualisierung und Analyse von VOXEL-Modellen ist in einem gesonderten Anleitungsteil beschrieben (z.Z. In der Erstellung).

Die Erstellung von Strukturmodellen auf der Basis vernetzter Profilschnitte mit dem SubsurfaceViewer MX

Das grundlegende Konzept der SubsurfaceViewer MX Modellierungsmethode

Mit dem SubsurfaceViewer MX lassen sich geologische Strukturmodelle auf der Basis von vernetzten Profilschnitten erstellen. Ein Strukturmodell beschreibt die räumliche Ausdehnung von geologischen Schichtkörpern durch ihre jeweiligen Ober- und Unterflächen, die in Form eines unregelmäßigen triangulierten Netzes (TIN) beschrieben werden. Im Modellierungsprozess werden i.d.R. nur die Schichtunterflächen modelliert, die Oberflächen ergeben sich automatisch durch die Unterflächen der überlagernden Schichten. Eine Ausnahme bilden Linsenkörper, die in Schichten eingelagert sind. Für diese müssen auch die Schichtoberflächen modelliert werden.

Das Konzept der Strukturmodellierung des SubsurfaceViewer MX basiert primär auf der Korrelation von Schichten in Profilschnitten. Dieser Modellierungsansatz eignet sich vor allem für die Erstellung von Strukturmodellen in Bereich oberflächennaher Lockersedimente, die durch eine Reihe von Bohrungen aufgeschlossen sind. Hierbei nutzt der SubsurfaceViewer MX den Korrelationsprozess des Geologen, zwischen einzelnen Bohrprofilen Schichtgrenzen zu definieren, unmittelbar zur Berechnung von Schichtflächen in der vertikalen Schnittansicht. Das bedeutet, dass die Schichten sofort in ihrem dreidimensionalen Kontext betrachtet werden. In einem Profilschnitt geschieht dies natürlich nur entlang der gewählten Profilschnittlinie. Durch die Erstellung von sich kreuzenden vernetzten Profilschnitten wird dieser Prozess jedoch umgehend in den 3D-Raum übertragen. So existiert nach der Konstruktion eines Profilschnittnetzes quasi schon ein konzeptionelles 3D-Modell. Die Möglichkeit, sich diese vernetzten Profilschnitte im 3D-View anzusehen, zeigt dann sehr anschaulich das Konzept des 3D-Modells. Der Ansatz, die Korrelation von Schichten in Profilschnitten als Modellierungsbasis zu benutzen, ist besonders, für Lockersediment geeignet, die oberflächennah anstehen. Glazigene, fluviatile und äolische Ablagerungen zeichnen sich häufig durch linsenartiges Auftreten mit stark schwankender Mächtigkeiten aus. In den Bohrprofilen werden diese Schichten meist ausschließlich durch ihre lithologischen Eigenschaften beschrieben, eine Zuweisung zu genetisch und/oder stratigraphischen Einheiten existiert nicht, sondern diese wird erst im Rahmen des Korrelationsprozesses in Profilschnitten durchgeführt. Das bedeutet, dass der Prozess der Schichtkorrelation der eigentliche Modellierungsprozess ist, in dem der Geologe seine stratigraphische und genetische Vorstellung definiert. Die Vernetzung von Profilschnitten dient somit einerseits dazu, die Informationen für die Oberflächenberechnung der Schichten zu verdichten, andererseits dazu, die Plausibilität der Korrelation, also des konzeptionellen Strukturmodells, im 3D-Kontext zu überprüfen.

Um aus den in Profilschnitten nur zweidimensional vorliegenden Schichtverbreitungen – wobei hier die Z-Koordinate als zweite Dimension zu sehen ist – ein dreidimensionales Modell berechnen zu können, ist noch zusätzlich die Festlegung der lateralen Verbreitung der einzelnen Schichten notwendig. Auch dies wird mit dem SubsurfaceViewer MX durchgeführt. Hierbei lassen sich durch Import und Auswahl von Shape-Dateien Verbreitungsgrenzen der geologischen Oberflächenkarte übernehmen und überarbeiten

oder von Anfang an neu eingeben. Die in den Profilschnitten definierten Korrelationslinien werden dabei Schicht-bezogen in der Karte dargestellt und dienen somit als erster Anhalt für die Festlegung der Verbreitungsgrenzen. Die Berechnung der Schichtunterflächen erfolgt vom Hangenden zum Liegenden, wobei die die Schichten nach oben begrenzenden Flächen benutzt werden, um die Höhenwerte entlang der seitlichen Begrenzung zu bestimmen. So erhält z.B. eine Schicht, die an der Geländeoberfläche ausbeißt, entlang ihrer Umrandung die gleichen Höhenwerte wie das digitale Geländemodell. Taucht eine Schicht unter andere Schichten ab, so werden die Höhenwerte entsprechend der überlagernden Schichten ermittelt. Diese so höhenreferenzierten Linien lassen sich im 3D-View anzeigen. Die endgültige Festlegung der Verbreitungsgrenzen erfolgt danach durch Veränderung der Linienverläufe im 2D-View und visueller Plausibilitätskontrolle im 3D-View.

Nachdem eine Schichtgrenze hinreichend in Profilschnitten korreliert wurde und die Verbreitungsgrenzen im 2D-View definiert vorliegen, kann die Schichtunter- und -oberfläche berechnet werden. Die Berechnung erfolgt mit Hilfe einer Delauny-Triangulation, in die alle definierten Punkte in den Profilschnitten und entlang der Schichtverbreitung eingehen. Die Höhenwerte der Punkte bleiben erhalten. Die Triangulation wird automatisch auf die Verbreitung der Schichten und die Ausdehnung des digitalen Geländemodells – das somit auch die laterale Ausdehnung des zu erstellenden Modells definiert – begrenzt. Die Triangulation lässt sich verfeinern, um eine optimale Netzgenerierung zu erreichen, und glätten. Die Schichtoberflächen werden durch Ausschneiden der überlagernden Schichtunterflächen ermittelt und zu einem gemeinsamen TIN zusammengesetzt.

Abhängig von der Detailliertheit der Verbreitungsgrenzen, insbesondere wenn diese auf der Grundlage geologischer Karten erfolgt, kommt es häufig zu Situationen, bei der die berechneten Schichtunterflächen über den Schichtoberflächen liegen. Dies kann verhindert werden, indem eine minimale Mächtigkeit vorgegeben wird. Dies ist u.a. dann sehr hilfreich, wenn die Schichten wie Schleier an die Geländeoberfläche gekoppelt sind.

Eine weitere Option ist die Berechnung einer virtuellen Erosion. Hierbei können Schichten im Profilschnitt einfach über dem Geländemodell korreliert werden. Im Profilschnitt ist dies unmittelbar sichtbar, da der über dem DGM liegende Anteil nicht eingefärbt wird. Dieser Vorgang wird auf die gesamte Verbreitung der Schicht übertragen. Somit lassen sich praktisch Ausbissgrenzen von Schichten prognostizieren. Dies ist beispielsweise dann sehr hilfreich, wenn Flussterrassen kartiert werden, die erodiert wurden und heute nur noch fleckenhaft auftauchen oder Schichten durch Flüsse eingeschnitten wurden.

Die unterschiedlichen Optionen können für jede Schicht gesondert definiert und abgespeichert werden. Dadurch ist es möglich, das gesamte Modell mit einem einzigen Funktionsaufruf vollständig neu zu berechnen.

Ein wesentlicher Punkt des Konzepts der SubsurfaceViewer MX Modellierungsmethode ist es, dass alle für den Modellierungsprozess notwendigen Informationen innerhalb der Projektdatei enthalten sind, also die korrelierten Schichtuntergrenzen in den Profilschnitten, die Verbreitungsgrenzen in der Karte sowie die Optionen zur Berechnung der Schichtunterflächen. Der SubsurfaceViewer MX verzichtet vollständig auf intransparente Modellierungsfunktionen, wie beispielsweise das Hinzufügen von Phantom-Punkten. Das geologische Fachwissen über Stratigraphie und Genese der einzelnen Schichten wird vollständig in den Geometrien der Profilschnitte und Verbreitungsgrenzen abgebildet. Änderungen der Vorstellung oder der Einbau von neuen Informationen, wie z.B. von neuen Bohrungen, kann jederzeit erfolgen und das Strukturmodell lässt sich sofort wieder vollständig neu berechnen und revidieren. Somit steht mit dem SubsurfaceViewer MX ein System für die Strukturmodellierung zur Verfügung, das auch für regionale und urbane Gebiete geeignet ist, die einer fortlaufenden Revision unterliegen.

Vorbereitung der Modellierung

Die grundlegende Handhabung und einige der im Folgenden beschriebenen Vorgehensweisen sind in ersten Teil des SubsurfaceViewer XL / MX- Handbuches beschrieben. Dies sollte daher bekannt sein oder vorliegen.

Bevor mit der Korrelation von Schichten in den Profilschnitten begonnen werden kann, sind einige vorbereitende Schritte notwendig. Als erstes sollte ein digitales Höhenmodell eingelesen werden. Dies kann als Grid vorliegen, sollte aber in ein TIN eingelesen werden. In den Projekteigenschaften wird das eingelesene TIN dann als DGM definiert. Der nächste Schritt ist die Erstellung einer GVS, in der die zu erwartende Schichtenabfolge definiert wird. Diese wird auch unter dem Menüpunkt Projekteigenschaften eingelesen. Fall die GVS im Laufe der Arbeiten angepasst werden muss, so kann sie durch erneutes Einlesen in den Projekteigenschaften aktualisiert werden. Ebenfalls ist es empfehlenswert, eine Legende-Datei zu erstellen und einzulesen.

Im nächsten Schritt werden die Bohrungen als Bohrpunktkarte eingelesen. Diese dient dann als Grundlage für die Festlegung des Verlaufs der einzelnen Profilschnitte.

Falls eine geologische Karte als Shape-Datei mit Polygonen vorliegt, sollte diese jetzt ebenfalls eingelesen werden, da die Schichtverbreitung so ebenfalls in den Profilschnitten sichtbar wird. Der Shape-Datei wird das DGM als Höhenreferenz zugewiesen.

Korrelation von Schichten im Profilschnitt

Die Erstellung von Profilen entlang von Bohrungspunkten und/oder bestimmter Koordinatenpunkte ist im Handbuch beschrieben. Nach der Erstellung eines Profils sind das DGM als Linie sowie die einzelnen Bohrprofilsäulen im Profilschnittfenster sichtbar. Werden an den Bohrungen keine Schichten angezeigt, so muss das Layout über *Einstellungen* angepasst und die gewünschte(n) Spalte(n) bestimmt werden.

Ist eine geologische Karte als Shape-Datei eingelesen worden, so wird diese als Band über dem DGM dargestellt. Dies erlaubt es, die Korrelationslinien exakt dort zu beenden, wo die Schicht in der Karte ausbeißt.

In der Toolbar des Profilschnittfensters ist eine Auswahlbox zu sehen, mit deren Hilfe die zu korrelierende Schicht festgelegt wird. I.d.R. wird man mit der obersten Schicht anfangen. Um eine Linie zu zeichnen wird der Zeichenmodus aktiviert. Der Cursor erhält die Form eines kleinen Kreuzes, was den Zeichenmodus anzeigt. Um eine Linie zu starten wird der Cursor mit der Maus an die gewünschte Position bewegt und die Linie durch Drücken der linken Maustaste gestartet. Wird die Maus bewegt, so folgt ein „Gummiband“ ab dem Startpunkt dem Cursor. Ein weiterer Stützpunkt wird durch erneutes Betätigen der linken Maustaste gesetzt. Beendet wird die Linie durch einen Doppelklick mit der linken Maustaste. Wird danach der Aktualisierungs-Knopf in der Tool-bar betätigt oder die F5-Taste gedrückt, so wird die Schicht eingefärbt. Die Farbe ergibt sich aus der Legende-Datei. Ist keine Zuweisung in der Legende verfügbar, so wird die Schicht grau eingefärbt.

Linien lassen sich im Editiermodus nachträglich verändern. Punkte können durch Klicken an einer Stelle auf der Linie eingefügt werden, durch einen Doppelklick auf einen Punkt gelöscht werden oder durch Anklicken und Bewegen bei gedrückter linker Maustaste verschoben werden. Die Stützpunkte sind durch ein kleines Quadrat erkennbar. Linien werden einfach durch Klicken an einer beliebigen Position auf der Linie ausgewählt.

Im Zeichenmodus kann ein Fangradius um die Cursorposition definiert werden. Hierfür muss bei gedrückter Strg-Taste die Plus- oder Minus-Taste (alternativ: Pfeil nach oben oder unten) betätigt werden. Das Fadenkreuz verschwindet und um den Cursor-Mittelpunkt wird ein Kreis gemalt, dessen Größe den Fangbereich markiert. Wird der Fangradius auf 0 verkleinert, erscheint wieder das Fadenkreuz. Punkte lassen sich so exakt an Linien kreuzender Profile positionieren. Der Fangradius wird auch verwendet, wenn eine Linie neu begonnen wird. Liegt der Startpunkt innerhalb des Fangradius am Anfangs- oder Endpunkt einer Linie der Schicht, die korreliert werden soll, so wird keine neue Linie begonnen, sondern die schon vorhandene Linie fortgesetzt. Linien lassen sich NICHT an Schichtlinien in Bohrprofilen fangen. Im Editier-Modus lassen sich Linienpunkte auch an Kreuzungspunkte fangen. Hierbei definiert das kleine Quadrat den Fangbereich.

Im Info-Modus lassen sich Linien einer anderen Schicht zuweisen, löschen, verdichten, glätten und verbinden. Hierfür muss der Cursor über der entsprechenden Linie positioniert werden und die rechte Maustaste gedrückt werden. Es erscheint ein Pop-up-Menü, das die entsprechenden Funktionen anbietet. Eine weitere Editiermöglichkeit ist das Schneiden von Linien im Scheren-Modus.

Die Einfärbung der Schichten erfolgt jeweils bis zur nächsten höheren Schicht oder bis zum DGM. Wird der Bereich des DGM verlassen, so erfolgt die Einfärbung nach oben bis zum höchsten bis dahin definierten Punkt im Profilverlauf. Werden Linien älterer Schichten oberhalb von Linien jüngerer Schichten gemalt, so werden diese nicht eingefärbt.

Die Korrelation von Schichtlinien führt im Profilschnitt also unmittelbar zu einem 2D-Modell. Durch die Festlegung der jeweiligen Schichtuntergrenzen wird dieses Modell berechnet und sofort durch die Einfärbung der Schichten dargestellt.

Ist der Profilschnitt im 3D-View sichtbar, so werden Änderungen beim Aktualisieren unmittelbar auch im 3D-View angezeigt. Mit Hilfe der 3D-Ansicht kann somit auch eine visuelle Plausibilitätskontrolle für vernetzte Profilschnitte erfolgen.

Werden kreuzende Profilschnitte erstellt, so erscheinen kleine Dreiecke an den Stellen im Profilschnitt, an denen Kreuzungspunkte mit korrelierten Schichtlinien existieren. An diese Kreuzungspunkte lassen sich Linien fangen (s.o.). Wird im Info-Modus auf den Kreuzungspunkt geklickt, so erscheint in der Infozeile der Name des kreuzenden Profilschnitts, der Name der Schicht sowie die Höhe (Z-Koordinate). Wird mit der rechten Maustaste über dem Kreuzungspunkt geklickt so erscheint ein Pop-up-Menü mit dem Menüpunkt *Kreuzendes Profil anzeigen*. Wird dieser Punkt gewählt, so wird im Profilschnittfenster das kreuzende Profil angezeigt, in dem der Kreuzungspunkt mit einem roten X gekennzeichnet ist. Mit Hilfe dieser Funktion lässt sich innerhalb eines Profilschnittnetzes navigieren.

Festlegen der Verbreitungsgrenzen der Schichten

Bevor eine Schicht berechnet werden kann, muss diese als Objekt definiert werden. Dies erfolgt im Menüpunkt *Hinzufügen/Geologische Schicht*. Nur Schichten, die in der GVS definiert sind, können hinzugefügt werden. Sind in Profilschnitten schon Korrelationslinien der neu hinzugefügten Schicht vorhanden, so wird deren Verlauf im 2D-View dargestellt. Ist die Schicht nicht flächendeckend im gesamten Gebiet vorhanden, wird in einem nächsten Schritt die Verbreitungsgrenze definiert. Dies geschieht durch Malen eines oder mehrerer Polygone. Die korrelierten Linienverläufe können hierbei als erster Anhaltspunkt benutzt werden.

Beißt die Schicht an der Geländeoberfläche aus und liegt eine geologische Karte als Shape-Datei vor, so können die Polygone der Shape-Datei als Schichtumrandung in die Schicht kopiert werden. Hierzu wird die Tabelle der Shape-Datei aufgerufen (Aufruf über das Pop-up-Menü des Shape-Objekts) und das oder die Polygon(e) der jeweiligen Schicht ausgewählt. Dann wird über das Pop-up-Menü *Kopieren* aufgerufen. Das oder die ausgewählten Polygone werden in die Zwischenablage des SubsurfaceViewers kopiert. Danach wird die Schicht über das Pop-up-Menü und den Menüpunkt *Bearbeiten* ein- und zum Editieren freigeschaltet. Mit dem Menüpunkt des Pop-up-Menüs *Einfügen* der Schicht werden die Polygone der Schicht zugewiesen.

Mit dem Einschalten von *Bearbeiten* werden im 2D-View die Mal- und Editierwerkzeuge in der Toolbar aktiviert. Diese erlauben es, Polygone zu malen, zu verändern, Inseln zu löschen, Polygone zusammenzufügen und Polygone zu teilen. Die Handhabung ist analog zu den Linien der Profilschnitte, nur werden immer Polygone erstellt, die automatisch mit der der jeweiligen Schicht zugewiesenen Farbe gefüllt werden.

Auch im 2D-View ist ein Fangmodus verfügbar. Dieser erlaubt es, die Stützpunkte eines Polygons exakt an die Endpunkte der Korrelationslinien zu binden. Auch diese Funktionalität ist analog zu der im Profilschnittfenster.

Häufig ist es notwendig, in Polygone Inseln einzufügen. Dies geschieht einfach durch Malen eines neuen Polygons innerhalb eines schon vorhandenen.

Reicht die Schicht seitlich über das Projektgebiet hinaus, so müssen die Polygone einfach über das Gebiet hinaus vergrößert werden. Die Polygone sollten NICHT genau auf die Gebietsgrenze, die durch das DGM definiert ist, gelegt werden, um zu verhindern, das diese höhenreferenziert und in die Schichtflächenmodellierung mit aufgenommen werden. Polygone, die innerhalb der Gebietsgrenzen liegen, werden mit Hilfe der überlagernden Schichten höhenreferenziert und gehen in die Berechnung der Schichtunterfläche mit ein. Diese 3D-Linien lassen sich, zusammen mit den Korrelationslinien aus den Profilschnitten, im 3D-View anzeigen. Hierfür muss die Schicht zuerst an den 3D-View gesendet werden und in den Einstellungen 3D-Linien eingeschaltet werden. Über das Pop-up-Menü der Schicht im 2D-View muss vorher die Schicht aktualisiert werden. Die höhenreferenzierten Umrandungen werden in Dunkelgrau gezeichnet, die Korrelationslinien aus den Profilschnitten in der schichtspezifischen Farbe.

Berechnen der Schichtunter- und Oberflächen

Die Berechnung der Schichtunter- und Oberfläche wird über den Menüpunkt *Erweitert/ Schichtflächen berechnen* aufgerufen. Es erscheint eine Eingabemaske, in der die Berechnungsparameter eingestellt werden (s.o.). Mit **START** wird die Berechnung angeworfen. Mit **SAVE** werden nur die Berechnungsparameter gesichert, damit diese bei der Gesamtberechnung des Modells bekannt sind. Mit **START** werden diese Parameter auch gespeichert.

Die Schichtoberflächen (Tops) werden aus den Schichtunterflächen der überlagernden Schichten zusammengesetzt. Je nach Komplexität des Modells und Auflösung des DGM benötigt dieser Vorgang viel Rechenzeit. Daher ist es möglich, die Berechnung der Schichtoberflächen zu deaktivieren, wenn es erst einmal um die Bestimmung der Schichtunterflächen geht.

Die Berechnung der Schichten muss vom Hangenden zum Liegenden erfolgen, da die jeweilig überlagernden Schichten für die Höhenreferenzierung der Umrandung benötigt werden.

Nachdem alle Schichten hinzugefügt, deren Umrandung definiert und die Berechnungsparameter eingestellt wurden, kann das Modell mit dem Menüpunkt *Modellierung/ Berechnen aller Schichten* als Ganzes berechnet werden. Dies beschleunigt die Modellberechnung, wenn sich das Modell noch in der Erstellung oder in Revision befindet. SubsurfaceViewer stellt hierbei sicher, dass die Schichten in der richtigen Reihenfolge - vom Hangenden zum Liegenden - berechnet werden.

Modellierung von Linsenkörpern

Linsenkörper werden unabhängig von der stratigraphischen Abfolge berechnet. Das bedeutet vor allem, dass die Höhenreferenzierung der Umrangungslinien völlig anders erfolgt als bei normalen Schichten. Die Höhenreferenzierung erfolgt über eine lineare Interpolation zwischen Punkten der Korrelationslinien, die auf bzw. in der Nähe von Umrangungslinien liegen. Der maximale Abstand, den Punkte aus Korrelationslinien von der Umrandung haben dürfen, um zur Höhenreferenzierung mit genutzt zu werden, kann unter Projekteigenschaften unter dem Punkt *max. Toleranz von Linien* festgelegt werden. Empfehlenswert ist es jedoch, die Umrangungslinien im 2D-View auf die Korrelationslinien der Profilschnitte zu fangen.

Da - im Unterschied zu normalen Schichten - bei Linsen die Schichtoberflächen auch berechnet werden, ist es notwendig, diese ebenfalls in den Profilschnitten zu definieren. Damit dies geschehen kann, müssen die Korrelationslinien der Linsenoberflächen mit einem eigenen Namen versehen werden. Ebenso muss dem SubsurfaceViewer in der GVS mitgeteilt werden, dass es sich um eine Linse handelt. Dies geschieht einfach dadurch, dass sowohl für die Linsenoberfläche als auch für die Linsenunterfläche eine Zeile in der GVS angelegt wird. Der Name der Schichtunterfläche muss unmittelbar in der nächsten Zeile nach der Definition der Schichtoberfläche in der GVS stehen. Damit SubsurfaceViewer automatisch erkennt, dass es sich um eine Linse handelt, erhalten beide Zeilen die gleich ID, wobei die der Schichtoberfläche als negative Zahl eingetragen wird. Es hat keine Bedeutung an welcher Stelle in der GVS eine Linse definiert wird. Sie kann z.B. unterhalb der Schicht definiert werden in der sie liegt, auch ist es möglich, alle Linsen am Ende der GVS zu definieren.

Wird eine Linse als Schicht hinzugefügt, so wird als Name der Name der Schichtoberfläche aus der GVS verwendet. Die Umrandung wird für die Schichtoberfläche und die Schichtunterfläche gesondert höhenreferenziert. In den meisten Fällen grenzen die Höhenwerte der Umrangungen der Oberfläche genau an die Umrandung der Unterfläche. Dies ist jedoch nicht zwingend notwendig. So kann man z.B. eine senkrechte Wand einfach dadurch modellieren, indem die Umrandung im 2D-View gezeichnet wird und im Profilschnitt der obere und untere Abschluss als Korrelationslinie gezeichnet wird. Es reicht aus, diese in nur einem Profilschnitt zu definieren. Mit dieser Methode lassen sich auch vereinfacht Bauwerke definieren oder Leitungen im Untergrund einfügen. Linsen sind nicht an einzelne Schichten gebunden, sondern können in mehrere Schichten hineinragen.

Anhang: Export nach MODFLOW:

Export von Strukturdaten und Konduktivitäten zum Import in das Strömungs-Modellierungsprogramm MODFLOW

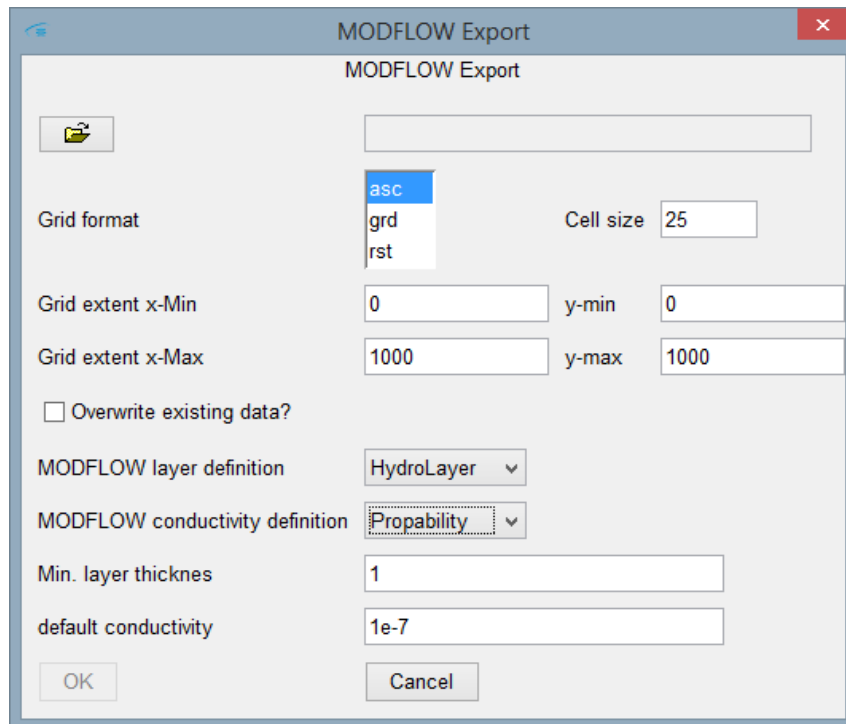
Für die Nutzung von Strukturmodellen mit dem Strömungsmodellierungs-Programm MODFLOW müssen die Modelldaten speziell aufbereitet werden. Hierfür steht unter Export die Funktion *Export layers to MODFLOW* zur Verfügung. Diese Funktion erlaubt es, einerseits die Schichtuntergrenzen als Raster-Dateien als auch die Konduktivitätswerte, die den einzelnen Schichten in der GVS zugewiesen sind, als Raster zu exportieren.

I.d.R. werden mehrere Schichten eines Strukturmodells zu hydrogeologischen Einheiten zusammengefasst. Diese Zusammenfassung wird im Rahmen des Exports automatisch durchgeführt. Die Zuweisung einzelner Schichten zu einer hydrogeologischen Einheit erfolgt in der GVS-Datei. In dieser wird eine Spalte angelegt, in der die jeweilige Zuweisung eingetragen wird. Diese muss in Form einer Integer-Zahl erfolgen. Schichten mit gleicher Zahl werden jeweils zu einer Einheit zusammengefasst. Nur Schichten, die aufeinander folgen, dürfen zu einer gemeinsamen Einheit zusammengefasst werden. Die folgende Tabelle zeigt ein Beispiel mit dreizehn Schichten, die zu insgesamt fünf hydrogeologischen Einheiten zusammengefasst werden.

Name	ID	Layer	Petrography	HydroLayer	Conductivity
qhy	1	qh//y	U	1	0.00009
qhf	2	qh//f	ffS	1	0.00009
qwfls	3	qw//Fls	fS	1	0.00068
qwf	4	qw//f	G	1	0.00007
qwUb	5	qw//b	U	2	0.00003
qwhg	6	qw//hg	mS	2	0.00004
subr	7	subr	ttt	2	0.000005
qsgfn1	8	qs//gf	S	2	0.00003
qsLg	9	qs//Lg	fS	3	0.000004
qsgf	12	qs//gf	S	4	0.00003
qho	13	qhol//	U	4	0.00002
qeMg	14	qe//Lg	T	4	0.00005
qegf	15	qe//gf	mS	4	0.00005
qefl	16	qe//f	T	4	0.00004
basis	17	jo//	X	5	0.00009

In einer weiteren Spalte werden die Konduktivitätswerte den einzelnen Schichten zugewiesen (s.o.). Bei der Zusammenfassung der Schichten werden die Konduktivitätswerte, gewichtet über die anteilige Mächtigkeit der einzelnen Schichten, den Rasterzellen zugewiesen.

Sind für alle Schichten die Schichtuntergrenzen als TINs oder Grids geladen bzw. berechnet worden und liegen die entsprechenden Einträge in die GVS-Datei vor, so kann der Export nach MODFLOW gestartet werden. Es erscheint folgender Eingabedialog:



Da für jede hydrogeologische Einheit ein Grid für die Untergrenze und ein Grid mit den Konduktivitätswerten abgespeichert wird, muss ein Verzeichnis ausgewählt werden, in das die Dateien des Exportergebnisses abgespeichert werden. Das Grid Format kann das ASC-Format für ESRI-Grids, grd-Format für Surfer ASCII-Grids oder das GeoObject rst-Format sein. Die Zellengröße, das heißt, die Breite und Höhe einer Rasterzelle ist frei wählbar.

Der Export wird für ein bestimmtes Rechteck definiert. Dieses wird durch Eingabe der linken unteren und rechten oberen Koordinate definiert.

Wurden in das gewählte Verzeichnis schon Daten exportiert, so kann festgelegt werden, ob diese überschrieben werden sollen.

Die Spalte mit der Definition der hydrologischen Einheiten in der GVS-Datei sowie Spalte mit den Konduktivitätswerten können aus einer Liste ausgewählt werden.

In den Strukturmodellen von SubsurfaceViewer ist es möglich, Schichten beliebig zu begrenzen. MODFLOW benötigt jedoch eine durchgehende Schichtuntergrenze. Die Exportfunktion erweitert daher automatisch hydrogeologische Einheiten auf das gesamte gewählte Gebiet und versieht die Einheit mit einer definierbaren minimalen Mächtigkeit. Die Konduktivitätswerte der Grids in den erweiterten Arealen werden mit den Werten der Schichten versehen, die an diesen Stellen tatsächlich vorhanden sind.

Sind keine Konduktivitätswerte für eine Schicht definiert, so wird der voreingestellte Wert verwendet.

Die exportierten Raster erhalten als Namen jeweils die Nummer der hydrologischen Einheit, gefolgt von einem _T für die Tiefeninformation der Einheitenuntergrenze und _C für die Konduktivitätswerte. Es wird automatisch immer ein Raster mit dem Namen 0_T erzeugt. In diesem Raster stehen die Höhenwerte der Geländeoberfläche.