

GISterm 3D

Integration von 3D-Visualisierungen in das Umweltinformationssystem Baden-Württemberg

*D. Hilbring; G. Staub; J. Wiesel
Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung
Universität Karlsruhe
Englerstr. 7
76128 Karlsruhe*

*B. Schneider
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Griesbachstr. 1
76185 Karlsruhe*

*R. Mayer-Föll
Umweltministerium Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart*

1. EINLEITUNG	37
2. GISTERM 3D	37
2.1 ALLGEMEINE KOMPONENTEN ZUR REALISIERUNG VON 3D-UMWELTVISUALISIERUNGS- ANWENDUNGEN	38
2.1.1 <i>3D-Service</i>	38
2.1.1.1 Erzeugung der 3D-Szene	38
2.1.1.2 Erzeugung von Objekthinhalte mit Hilfe eines generischen Datenmodells.....	38
2.1.1.3 Analyse der 3D-Szene mit Hilfe von Interaktionen	41
2.1.2 <i>Integration digitaler Geländemodelle</i>	43
2.1.2.1 DGMTiler	43
2.1.2.2 Height-Service.....	43
2.1.2.3 Visualisierung der Geländeoberfläche.....	44
2.1.3 <i>Textbasierte Schnittstelle zum Datenmodell</i>	44
2.1.3.1 Beschreibung der 3D-Szene mit X3D.....	45
2.1.3.2 Visualisierungsmöglichkeiten	45
2.2 KONKRETE ANWENDUNGEN	46
2.2.1 <i>DEMViewer</i>	46
2.2.2 <i>GeoPro^{3D}</i>	47
3. FAZIT UND AUSBLICK	51
4. LITERATUR.....	52

1. Einleitung

3D-Visualisierungen werden heutzutage in vielen Anwendungsbereichen genutzt. Ihr großer Vorteil ist die Erhöhung des Verständnisses von komplexen räumlichen Zusammenhängen.

Aus diesem Grund wurden im Rahmen des Projektes „GISterm 3D“ in den letzten Jahren (Projektlaufzeit 2000 – 2006) Komponenten für die Realisierung von umweltbezogenen 3D-Visualisierungen für das Umweltinformationssystem Baden-Württemberg entwickelt und im WAABIS-Umfeld zur Anwendung gebracht.

Die im Projekt entstandenen Entwicklungen wurden fortlaufend in den Jahresberichten des Projektes AJA dokumentiert, auf die in diesem Abschlussbericht Bezug genommen wird.

In den letzten Phasen des Projektes „Weiterentwicklung von GISterm 3D-Service und GeoPro^{3D} für die Grundwasserdatenbank von WAABIS“ wurde das Gesamtsystem GISterm 3D abgerundet, in dem die einzelnen Entwicklungsbausteine geordnet und konsolidiert wurden. Außerdem wurde aus den bestehenden Entwicklungen ein allgemeines Datenmodell herausgezogen, das für die Realisierung unterschiedlichster 3D-Visualisierungen benutzt werden kann. Darauf aufbauend wurde die Möglichkeit realisiert, das Datenmodell über eine Textrepräsentation anzusprechen und so dessen allgemeine Nutzbarkeit zu gewährleisten.

Dieser Bericht beschreibt das entstandene Gesamtkonzept und gibt einen Überblick des in den letzten Jahren entwickelten 3D-Visualisierungssystems GISterm 3D. Das Gesamtsystem besteht aus verschiedenen Schichten, deren Entwicklung in mehreren Phasen vollzogen wurde. Begonnen wurde mit allgemeinen Funktionen für die Erzeugung von 3D-Visualisierungen. Dieses System wurde mit anwendungsbezogenen Funktionen erweitert bei der gleichzeitigen Realisierung einer konkreten umweltbezogenen 3D-Visualisierungsanwendung. Anschließend wurde das entstandene System strukturiert und die Funktionen wurden abstrahiert, so dass die zukünftige Wartung, Pflege und Weiterentwicklung durch Dritte möglich wurde. Außerdem werden in diesem Bericht in einem Ausblick weitere potentielle Möglichkeiten zur Nutzung des Systems aufgezeigt.

2. GISterm 3D

Da im UIS Baden-Württemberg GISterm in vielen Anwendungen als geografisches Informationssystem genutzt wird, wurden die 3D-Visualisierungen, zusammenhängend als GISterm 3D (siehe Abb. 1.1) gekennzeichnet und als Erweiterungen des GISterm Frameworks realisiert /1/. Da GISterm vollständig in Java implementiert ist, wurde zur technischen Realisierung der 3D-Visualisierungen Java 3D verwendet /2/.

GISterm 3D ist ein komponentenbasiertes System, dessen Komponenten für verschiedene Zwecke kombiniert werden können. Dabei können allgemeine Komponenten von konkreten Visualisierungsanwendungen unterschieden werden.

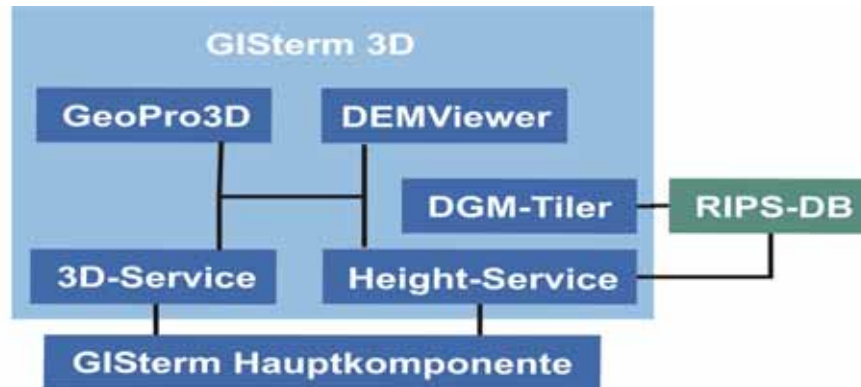


Abbildung 1.1: Komponenten von GISterm 3D

2.1 Allgemeine Komponenten zur Realisierung von 3D-Umweltvisualisierungsanwendungen

Die allgemeinen Komponenten stellen Klassen und Methoden für die Realisierung von verschiedenen 3D-Visualisierungsanwendungen zur Verfügung. Der 3D-Service ist die zentrale Komponente des Systems, während der DGM-Tiler und der Height-Service die Integration digitaler Geländemodelle in das System regeln.

2.1.1 3D-Service

Die technische Realisierung des 3D-Service wird in /4/ und /6/ beschrieben. Grundsätzlich übernimmt der 3D-Service drei Hauptaufgaben:

1. Die Erzeugung der 3D-Szene mit den Methoden von Java 3D
2. Die Erzeugung von Objektkinhalt mit Hilfe eines generischen Datenmodells
3. Die Realisierung eines flexiblen Interaktionskonzeptes für die Manipulation von 3D-Szenen

2.1.1.1 Erzeugung der 3D-Szene

Der 3D-Service erzeugt mit den Mitteln von Java 3D eine virtuelle Welt und integriert diese über die GISterm Service-Schnittstelle als eigenständige 3D-Kartenansicht in die grafische Benutzeroberfläche der GISterm-Hauptkomponente.

2.1.1.2 Erzeugung von Objektkinhalt mit Hilfe eines generischen Datenmodells

Damit eine 3D-Szene entsteht, muss die leere virtuelle Welt mit Objektkinhalt gefüllt werden.

In der letzten Projektphase wurde auf Basis der bis dahin in GISterm 3D enthaltenen 3D-Objekte ein generisches Datenmodell entwickelt, das flexibel für die Realisierung von 3D-Visualisierungsanwendungen eingesetzt werden kann.

Das Datenmodell enthält drei Objektkategoriegruppen:

1. **3D-Objektgeometrien** sind Geometrieobjekte, deren Verwendung in gängigen 3D-Umweltanwendungen sinnvoll ist.

Die folgenden Objekte sind in den 3D-Objektgeometrien enthalten: Punkte, Linien, Raster- und TIN-basierte Oberflächen und verschiedene Formen von Grundprimitiven, wie Quader, Zylinder, Kugel, Kegel, Prisma und Dreiecksprisma (siehe Abb. 2.1).

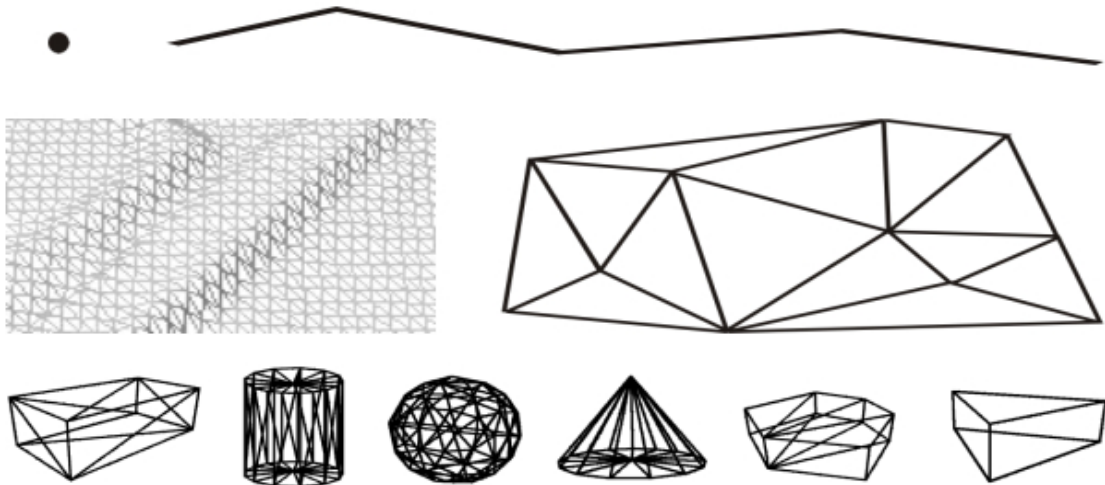


Abbildung 2.1: 3D-Objektgeometrien

2. **Darstellungsobjekte** sind Objekte, die zusätzliche Informationen in eine 3D-Szene integrieren.

Ein typischer Vertreter der Darstellungsobjekte ist das Textobjekt, mit dessen Hilfe Beschriftungen in die 3D-Szene eingefügt werden können. Ein Anwendungsbeispiel zeigt Abbildung 2.2, in der eine Grundwassermessstelle mit ihrer Identifikationsnummer gekennzeichnet ist.

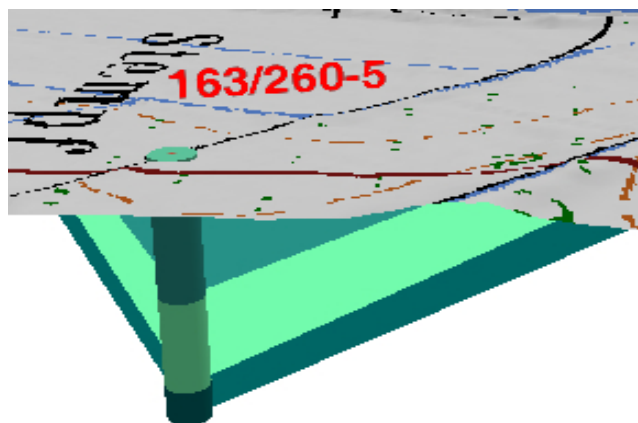


Abbildung 2.2: Messstelle mit ID als Textobjekt

Als weitere Objekte lassen sich in diesem Zusammenhang Pfeilglyphen nennen. Mit deren Hilfe können im Umweltbereich zum Beispiel die Veränderungen von Messwerten einer bestimmten Epoche visualisiert werden. In Abhängigkeit vom Betrag der zugrunde-

liegenden Grundwasseränderung werden die Vektoren unterschiedlich eingefärbt. Abbildung 2.3 zeigt einen Pfeilglyphen, welcher die maximale Grundwasseränderung an einer Messstelle während einer gewissen Epoche repräsentiert.

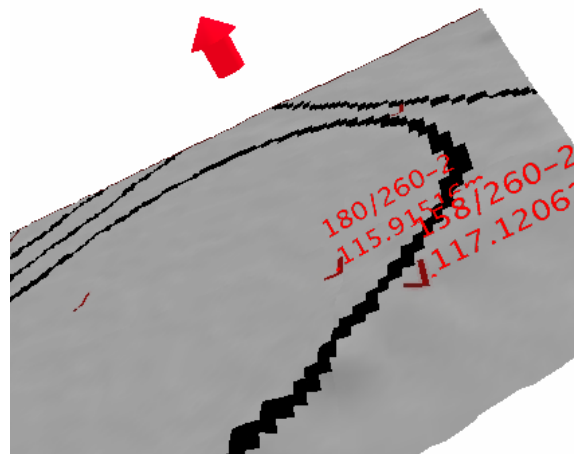


Abbildung 2.3: Pfeilglyph zur Visualisierung von Grundwasserstandsänderungen

- Fachbezogene Objekte** sind die zentralen Objekte einer 3D-Umweltvisualisierung. Fachbezogene Objekte repräsentieren Elemente in einer 3D-Szene, die vom Betrachter mit einer Bedeutung belegt werden, die für die Analyse der Daten wichtig ist. Das können virtuelle Objekte sein, die Objekte aus der Wirklichkeit repräsentieren, oder Objekte die bei der Interpretation dieser Objekte helfen.

Objekte, die Elemente aus der Wirklichkeit repräsentieren, sind Geländeoberflächen mit und ohne Textur /12/, Vegetationsobjekte, Objekte aus der Technosphäre /8/, wie zum Beispiel Gebäude oder Strassen oder auch spezielle Objekte wie Bohrlöcher von Grundwassermessstellen /6/ (siehe Abb. 2.4).

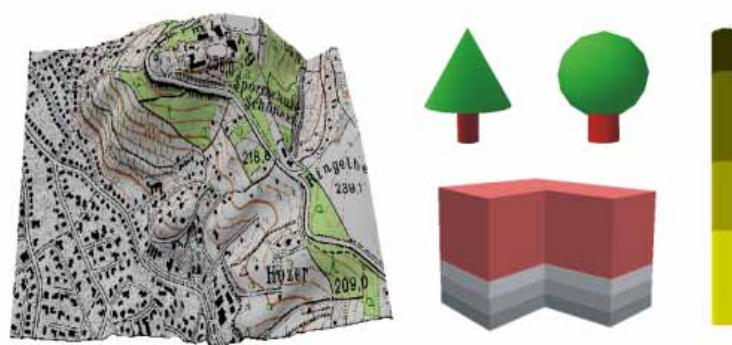


Abbildung 2.4: Fachbezogene Objekte, die Objekte aus der Wirklichkeit repräsentieren

Objekte, die helfen wirkliche Objekte zu interpretieren, sind Interpolationsflächen, Isolinien oder die Darstellung von 2D-Profilen von geologischen Schichten /8/ (siehe Abb. 2.5).

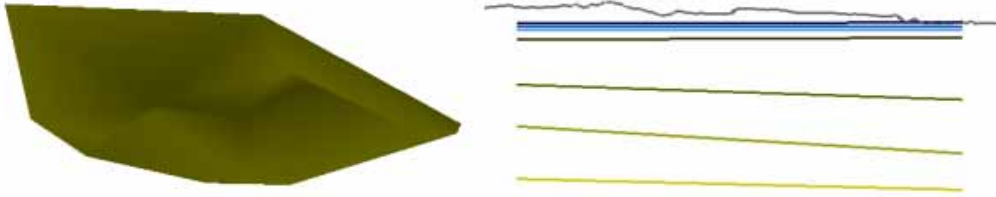


Abbildung 2.5: Fachbezogene Objekte, die Objekte aus der Wirklichkeit interpretieren

Der Geometrieteil der fachbezogenen Objekte wird mit Hilfe der 3D-Objektgeometrien erzeugt. Ein Beispiel zeigt Abbildung 2.6. Das abgebildete fachbezogene Objekt Gebäude setzt sich aus vier Prismen der Kategorie 3D-Objektgeometrie zusammen.

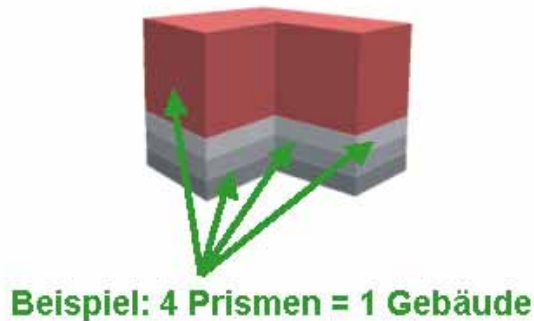


Abbildung 2.6: Aus Prismen zusammengesetztes Gebäude

Sowohl für Darstellungsobjekte als auch für fachbezogene Objekte ist es möglich Attributinformationen zu verwalten.

Jede der drei Objektkategoriegruppen, die in der letzten Projektphase herausgearbeitet wurden, können jederzeit durch weitere Objekte für neuartige Anwendungen, die bisher nicht realisiert wurden, ergänzt werden.

Die mit Hilfe des Datenmodells erzeugten Objekte werden analog zu GISern in Layern verwaltet. Semantisch zusammengehörende 3D-Objekte gehören zu einem 3D-Layer, der in die 3D-Szene eingefügt werden kann. Eine 3D-Szene kann wie eine GISern-Kartenansicht mehrere Layer verwalten.

2.1.1.3 Analyse der 3D-Szene mit Hilfe von Interaktionen

Interessant wird die 3D-Szene für den Nutzer durch verschiedene Analysemöglichkeiten, mit deren Hilfe Informationen aus der Szene extrahiert werden können. Deswegen enthält der 3D-Service ein Konzept zur Erzeugung verschiedener Interaktionsfunktionen, das sich aus drei Kategoriengruppen zusammensetzt:

1. **Allgemeine Interaktionen** sind Interaktionen, die für jede Art von 3D-Szene sinnvoll sind. Sie können bei der Darstellung chemischer Moleküle ebenso verwendet werden wie für umweltspezifische Anwendungen. Die folgenden allgemeinen Interaktionen sind

im 3D-Service enthalten: Orientierung und Navigation in der 3D-Szene /6/, Selektion (Picking) von Objekten, die Informationsanzeige von Sachattributen der 3D-Objekte, die Änderung der Hintergrundfarbe /8/ und das Ausschneiden (Clipping) von Objekten aus der 3D-Szene /6//8/.

- 2. 3D-GIS-Interaktionen** sind Interaktionsfunktionen, die für 3D-GI-Systeme sinnvoll sind. Da bei der Visualisierung umweltrelevanter Daten häufig auch Geobasisdaten benutzt werden, sind diese Interaktionsfunktionen auch für die Erzeugung von 3D-Visualisierungen im Umweltbereich interessant. Die folgenden 3D-GIS-Interaktionen sind im 3D-Service enthalten: Nachladen von neuen Geländeteilen /10/ und die vertikale Überhöhung der 3D-Szene (siehe Abbildung 2.7) /6/.

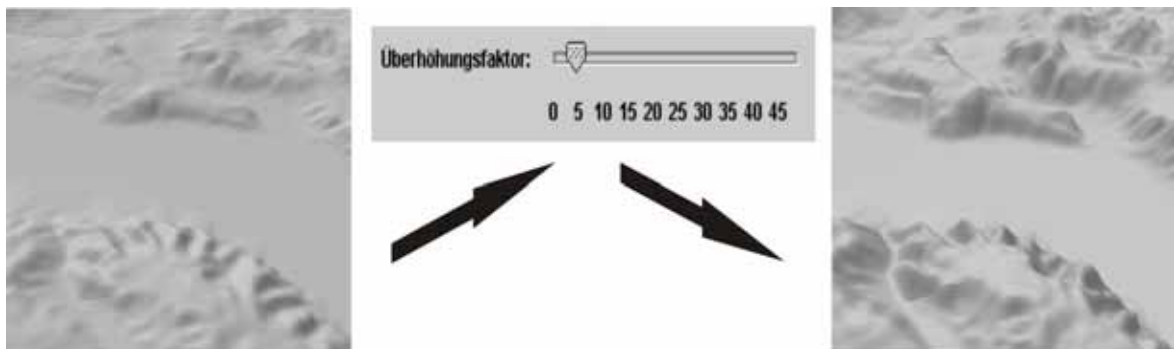


Abbildung 2.7 Überhöhung der 3D-Szene

- 3. 3D-UIS spezifische Interaktionen** sind Interaktionsfunktionen, die für die Realisierung von 3D-Umweltvisualisierungen notwendig sind. Ein typisches Beispiel ist die Erzeugung von 2D-Profilansichten durch eine 3D-Szene /8/ /10/. Zuerst legt der Nutzer die Position des Profils fest (siehe Abb. 2.8).



Abbildung 2.8: Profilposition festlegen

Dann wird an der definierten Position das Profil berechnet und visualisiert (siehe Abb. 2.9).

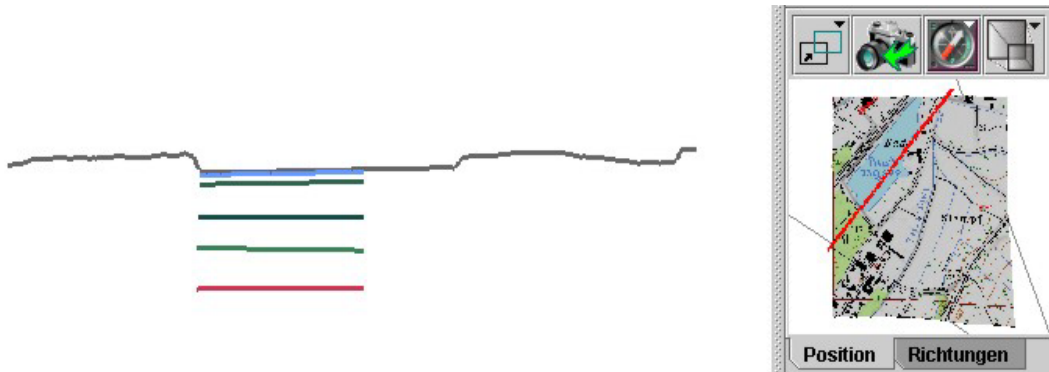


Abbildung 2.9: 2D-Profil (links) und rot markierte Position im Übersichtsfenster (rechts)

3D-UIS spezifische Interaktionsarten sind jedoch häufig auf eine bestimmte Anwendung abgestimmt. Das bedeutet, dass sie bei der Implementierung der Anwendung realisiert werden müssen und nicht als allgemein gültige Interaktionsfunktion in den 3D-Service integriert werden können. Es ist allerdings möglich, einfache generische Interaktionsfunktionen zu spezifischen Interaktionsfunktionen zu kombinieren. Beispiele für solche anwendungsspezifischen Funktionen finden sich in der Anwendung GeoPro^{3D} (siehe Abschnitt 2.2.2).

Mit Hilfe des im 3D-Service integrierten Interaktionskonzeptes ist es möglich, die für eine spezielle Anwendung benötigten Interaktionsfunktionen in die 3D-Szene zu integrieren und dem Anwender Analyse und Manipulationsmöglichkeiten zu schaffen.

2.1.2 Integration digitaler Geländemodelle

Digitale Geländemodelle bilden die Datengrundlage für Geländeoberflächen, die in vielen verschiedenen 3D-Visualisierungsanwendungen benötigt werden. Deswegen enthält GIS-term 3D Komponenten zur Integration und Visualisierung digitaler Geländemodelle.

Die Datenbank des räumlichen Informations- und Planungssystems, die RIPS-DB, enthält sowohl Geobasisdaten als auch Umweltinformationen für Baden-Württemberg. Deswegen sollten die digitalen Geländemodelle in der RIPS-DB vorgehalten werden.

2.1.2.1 DGMTiler

Der DGMTiler codiert die Höheninformationen der Originaldateien digitaler Geländemodelle in Bilddateien und kachelt diese in die RIPS-Datenbank. Dabei verwendet er den Kachelalgorithmus, der auch vom zugrundeliegenden Geoinformationssystem GIS-term für die Kachelung der Rasterdaten verwendet wird /8/ /12/. Mit Hilfe des DGMTilers ist es möglich, digitale Geländemodelle in verschiedenen Auflösungen in der RIPS-Datenbank zu verwalten.

2.1.2.2 Height-Service

Der Height-Service ist eine vom 3D-Service unabhängige Schnittstelle für den Zugriff der digitalen Geländemodelle in der RIPS-Datenbank. Ausgehend von der Größe des abgefragten Gebietes sucht der Height-Service in der RIPS-DB nach einem passenden DGM und liefert die Daten des DGMS. Die Festlegung des Gebiets und der Ergebnismenge geschieht

entweder unmittelbar in der GISterm Hauptkomponente oder aber mittels eines externen Programms. Diese Daten können dann entweder außerhalb von GISterm 3D weiterverarbeitet oder mit Hilfe der Komponenten des 3D-Service visualisiert werden /8/.

Außerdem kann auf die Daten der hochauflösenden digitalen Geländemodelle textbasiert zugegriffen werden (ohne GISterm Hauptkomponente). Das Ergebnis ist eine XML-Datei. Hierin sind dann u.a. Informationen bzgl. der Gebietsgröße, der Geländehöhe(n) und der Rasterweite enthalten. Nachfolgend ist hierfür ein Beispiel dargestellt.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<ResultSet>
  <Envelope>
    <MaxX>3411850.0</MaxX>
    <MaxY>5302965.0</MaxY>
    <MinX>3411600.0</MinX>
    <MinY>5302715.0</MinY>
  </Envelope>
  <Coordinates>
    <Point No.="0">3411600.0 5302715.0 230.279</Point>
    <Point No.="1">3411600.0 5302765.0 231.731</Point>
    ...
    <Point No.="n">Rechtswert Hochwert Höhe</Point>
  </Coordinates>
  <SingleHeight>653,094</SingleHeight>
  <LinearInterpolatedHeight>649,983</LinearInterpolatedHeight>
  <NearestNeighborHeight>653,094</NearestNeighborHeight>
  <Origin>
    <East>3411640.4</East>
    <North>5302749.6</North>
  </Origin>
  <PossibleResolution [m]>1</PossibleResolution [m]>
  <RasterWidthEast>50.0</RasterWidthEast>
  <RasterWidthNorth>50.0</RasterWidthNorth>
</ResultSet>
```

Listing 1: Beispiel einer xml Ausgabe

Eine solche Darstellung lässt sich des Weiteren auch direkt aus einer 3D Ansicht erstellen. Damit ist es zum einen möglich, eine solche Szene für spätere Bearbeitungsschritte zwischenspeichern. Zum anderen kann eine solche Datei zwischen mehreren Anwendern ausgetauscht werden, was eine einheitliche Diskussionsgrundlage gewährleistet.

2.1.2.3 Visualisierung der Geländeoberfläche

Die Visualisierung der Geländeoberfläche ist im Datenmodell des 3D-Service enthalten. Die Geländeoberflächen können wahlweise mit oder ohne Textur visualisiert werden. Die technische Realisierung wird ausführlich in /10/ und /12/ erklärt.

Außerdem besteht die Möglichkeit aus den Koordinatenangaben, wie sie in Listing 1 dargestellt sind, eine Geländeoberfläche zur Visualisierung zu generieren. Hierbei werden die Koordinateninformationen extrahiert und zur Darstellung auf das vorhandene Datenmodell zurückgegriffen. Eine texturierte Darstellung ist auf diesem Weg jedoch nicht möglich.

2.1.3 Textbasierte Schnittstelle zum Datenmodell

Das in GISterm 3D enthaltene Datenmodell ist so konzipiert, dass es in verschiedenen 3D-Anwendungen eingesetzt werden kann. Welche dies im konkreten Fall sind, wird in Abschnitt 2.2 näher erläutert. Um nun 3D-Szenen auch ohne die Hilfe eines Anwendungsentwicklers

realisieren zu können, wurde eine Schnittstelle entwickelt, die es erlaubt, Textdateien in eine 3D-Szene umzusetzen.

2.1.3.1 Beschreibung der 3D-Szene mit X3D

Für die Textrepräsentation zur Visualisierung von Objekten wurde als Dateiformat X3D gewählt /13/. Die in der X3D-Schemadefinition vereinbarten Attribute mussten aus Gründen der Kompatibilität mit dem Datenmodell teilweise geringfügig angepasst werden. Dies hat jedoch den positiven Effekt, dass letztlich alle Objekte des GIStern 3D-Datenmodells auch tatsächlich visualisiert werden können.

Die textuelle Beschreibung der 3D-Szene bietet die Möglichkeit sowohl einzelne Objekte als auch homogene Gruppen zu definieren. Gruppen bieten sich immer dann an, wenn man gleichartige Objekte zusammenfassen will, entweder weil sie in ihrer Gesamtheit ein neues Objekt ergeben (z.B. ein Bohrloch mit unterschiedlicher Einfärbung, abhängig von der durchquerten Bodenschicht) oder aus Gründen der gleichen Ausprägung, die sie repräsentieren (z.B. alle Kugeln in der visualisierten Szene). Beschreibungen, die aus unterschiedlichen Objekten bestehen, können hingegen nicht zusammengefasst werden, selbst wenn sie ein neues Objekt definieren würden. Der Grund hierfür findet sich im Aufbau des Datenmodells, in dem solche zusammengesetzten Objekte nicht vorgesehen sind. Allerdings kann das Datenmodell flexibel erweitert werden. Durch die Definition weiterer Objekte im Datenmodell, wie zum Beispiel aus dem Bereich der Vegetation (Nadelbaum, Laubbaum) oder komplexer Objekte (Windkraftanlage), kann dieses Defizit behoben werden.

2.1.3.2 Visualisierungsmöglichkeiten

Grundsätzlich können, wie bereits erwähnt, alle im Datenmodell vorhandenen Objekte auch über eine Textdatei beschrieben und mittels GIStern 3D generiert und visualisiert werden. Durch die Kombination verschiedener 3D-Objektgeometrien bietet sich zusätzlich die Möglichkeit, weitere fachbezogene Objekte zu generieren. Hierzu zählen zum Beispiel verschiedene Vegetationsobjekte oder aber auch komplexe Objekte, wie eine Windkraftanlage. Vorstellbar ist weiterhin, dass verschiedene Objektarten aus der Kartographie, wie Siedlungen, Wirtschaftsflächen, Burgen, Schlösser oder Aussichtspunkte, in 3D dargestellt werden.

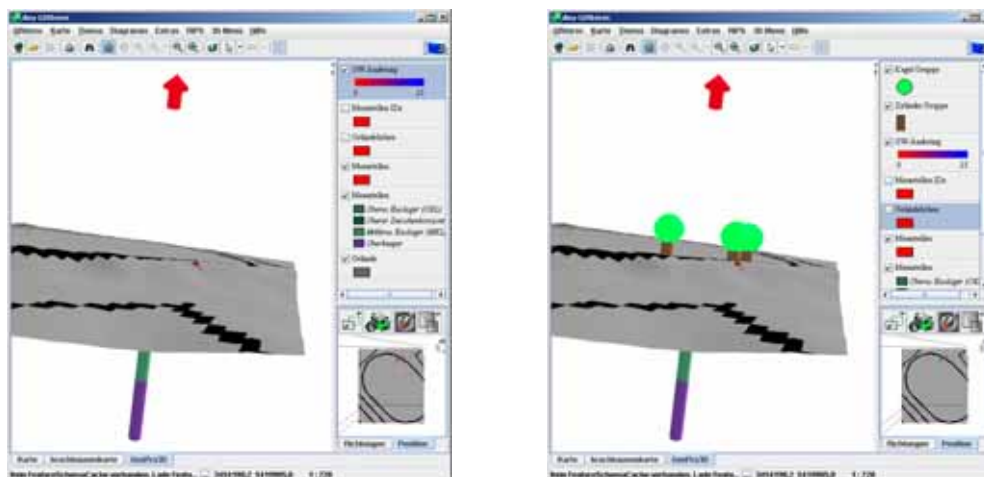


Abbildung 2.10: Original (links) und mit 3D-Objekten ergänzte Szene (rechts)

Mit der entwickelten Schnittstelle ist es möglich, eine vorhandene 3D-Szene optisch aufzuwerten und deren Informationsgehalt zu steigern (siehe Abbildung 2.10). Dadurch können Kenntnisse über das zu untersuchende Gebiet in die Szene eingebettet werden, welche sonst unberücksichtigt, da dem System nicht bekannt, geblieben wären.

Andererseits erweitert eine solche Schnittstelle das mögliche Anwendungsspektrum der gesamten Applikation. Eine 3D-Szene, welche vollständig in Textform beschrieben werden kann, ist vom zugrundeliegenden digitalen Datenmaterial weitgehend unabhängig. Es bleibt folglich dem Anwender überlassen, welche Daten visualisiert werden sollen und welche Art der Anwendung damit beschrieben wird.

Die bisher beschriebenen allgemeinen Komponenten von GISterm 3D können für die Erzeugung von Visualisierungsanwendungen benutzt werden. Die während der Laufzeit des Projektes erzeugten Anwendungen werden im Folgenden vorgestellt.

2.2 Konkrete Anwendungen

Mit Hilfe der allgemeinen Komponenten von GISterm 3D wurden während der Projektlaufzeit zwei konkrete Anwendungen realisiert: der DEMViewer und GeoPro^{3D}. Das bedeutet, die Komponenten 3D-Service, DGM-Tiler und Height-Service wurden für die Entwicklung der Anwendungen benutzt und getestet. Außerdem können beide Anwendungen beispielhaft als Grundlage für die Entwicklung neuer 3D-Anwendungen, die andere Visualisierungsziele verfolgen als der DEMViewer oder GeoPro^{3D}, dienen. In den folgenden Abschnitten werden die beiden Anwendungen beschrieben.

2.2.1 DEMViewer

Der DEMViewer ist eine einfach zu bedienende Visualisierungsanwendung für die Darstellung von Geländeoberflächen /10/. Die Oberfläche des Geländes kann mit individuell erzeugten Texturen versehen werden /12/.

Der DEMViewer wurde mit Hilfe der allgemeinen Komponenten von GISterm 3D entwickelt und wird über die GISterm-Service-Schnittstelle in GISterm integriert. Er steht im Rahmen von WAABIS den Sachbearbeitern der Umweltverwaltungen zur Verfügung. Die Datengrundlage des DEMViewers bilden die Daten der RIPS-Datenbank.

Für die Visualisierung der Geländeoberfläche wurden digitale Geländemodelle in unterschiedlichen Auflösungen mit Hilfe des DGM-Tilers in die RIPS-DB integriert. Das alte digitale Geländemodell in 50m-Auflösung, entstanden durch photogrammetrische Auswertung aus Luftbildern der 70er Jahre, steht für ganz Baden-Württemberg zur Verfügung, während die neuen hochauflösenden Geländemodelle der Laserscanning-Befliegung des Landesvermessungsamtes von Baden-Württemberg noch nicht flächendeckend zur Verfügung stehen. Die bereits verfügbaren Gebiete (ca. 11 000 km²) wurden mit Hilfe des DGM-Tilers in 5m-Auflösung in die RIPS-DB integriert /12/.

Die in der RIPS-DB gespeicherten Umweltinformationen im Raster- und Vektorformat können für die Gestaltung einer individuellen Textur genutzt werden, die auf die vom DEMViewer visualisierte Geländeoberfläche aufgemappt wird.

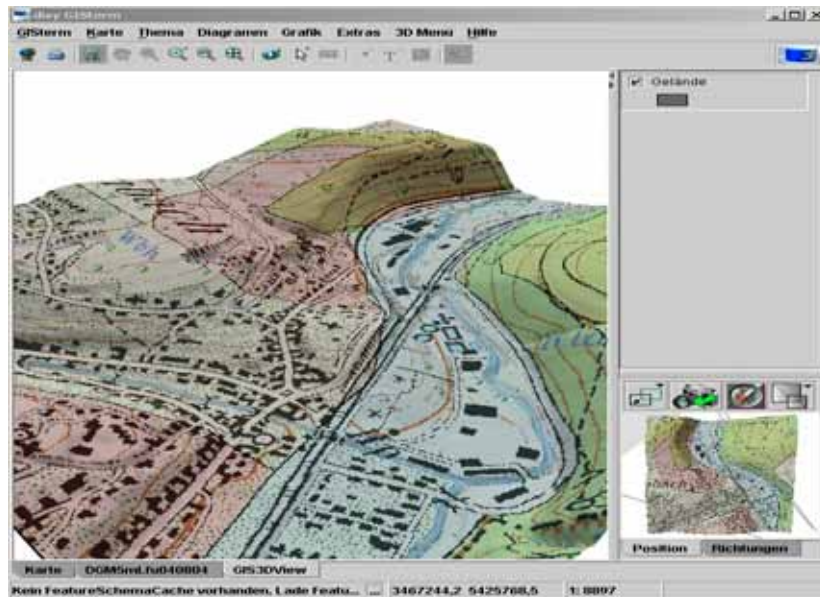


Abbildung 2.11: DEMViewer-Szene

Der Nutzer erstellt die individuelle Textur in GIStern und erzeugt mit Hilfe des DEMViewers eine einfache 3D-Szene (siehe Abbildung 2.11), die die Struktur des Geländes mit Hilfe des fachbezogenen Objektes Geländeoberfläche visualisiert. Die Szene ist mit den folgenden einfachen Interaktionsfunktionen ausgestattet:

- Orientierung und Navigation
- Änderung der Hintergrundfarbe
- Überhöhte Darstellung der Geländeoberfläche
- Nachladen von neuen Geländeteilen

Durch die einfache Bedienung ist der DEMViewer grundsätzlich nicht nur für Sachbearbeiter in Umweltverwaltungen geeignet, sondern könnte auch genutzt werden, um Privatanwendern räumliche Zusammenhänge leicht verständlich zu vermitteln. Um dieses Ziel zu erreichen, müsste der DEMViewer in eine Webanwendung portiert werden.

2.2.2 GeoPro^{3D}

GeoPro^{3D} ist eine fachspezifische Anwendung zur Visualisierung der Grundwassersituation in Baugebieten /4/. Eine mit GeoPro^{3D} erzeugte 3D-Szene stellt die Geländeoberfläche und natürliche Elemente, wie Grundwasserschichten und geologische Schichten, in den Zusammenhang mit Elementen der Technosphäre. Mit Hilfe der Visualisierung kann der Sachbearbeiter eventuelle Auftriebsprobleme und Kellervernässungen an Bauwerken und Trassen übersichtlich unter Berücksichtigung des Geländeprofiles und der Kartentextur darstellen/15/. Die GeoPro^{3D}-Szene visualisiert einen komplexen räumlichen Sachverhalt, der in der Wirklichkeit so nicht sichtbar ist, und dient deshalb als Grundlage für Entscheidungsfindungen in der Verwaltung.

GeoPro^{3D} wurde wie der DEMViewer mit Hilfe der allgemeinen Komponenten von GIStern 3D erzeugt und ist wie dieser über die Service-Schnittstelle in GIStern integriert. Außerdem benötigt es für die Modellierung der Grundwasserspiegellagen Informationen aus der

Grundwasserdatenbank (GWDB) und steht im Rahmen von WAABIS den Sachbearbeitern über die Grundwasseranwendung zur Verfügung /14/.

Aus den folgenden Informationen erzeugt GeoPro^{3D} eine 3D-Szene: GeoPro^{3D} benötigt die Lage, Größe und den Bearbeitungszeitraum des zu analysierenden Gebietes mit den Grundwassermessstellen, die visualisiert werden sollen (Angabe in einem Benutzerdialog). Außerdem benötigt GeoPro^{3D} Informationen über die Gebäude und Strassen des Untersuchungsgebietes (Diese Daten können vom Anwender digitalisiert werden). Daraus wird eine 3D-Szene (siehe Abbildung 2.12) mit den folgenden 3D-Layern erzeugt, die Darstellungsobjekte und fachbezogene Objekte aus dem Datenmodell des 3D-Service enthalten:

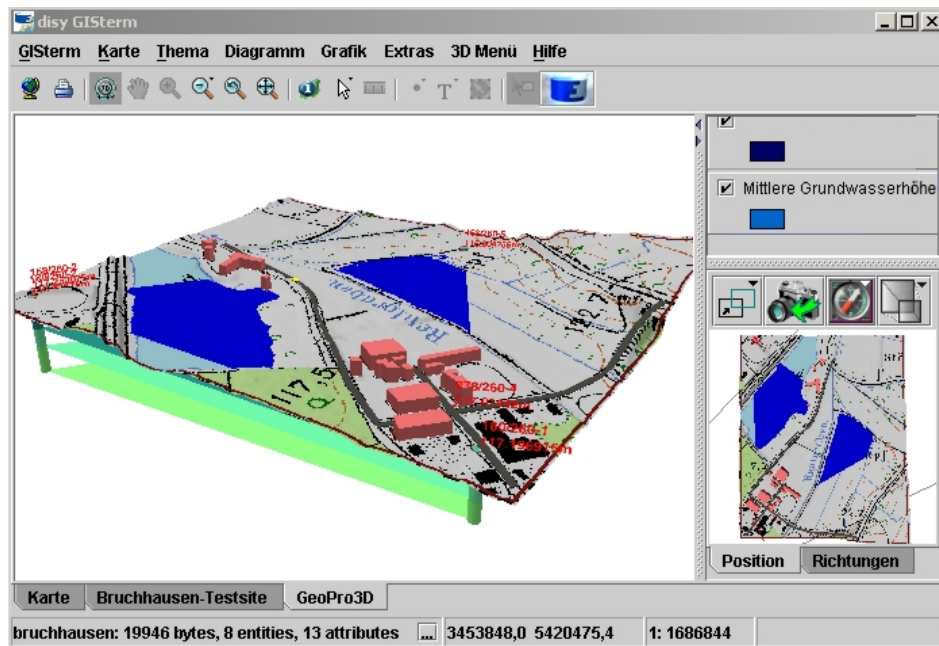


Abbildung 2.12: GeoPro^{3D}-Szene

- Ein 3D-Layer enthält das Geländeoberflächenobjekt, das mit einer Textur versehen wurde.
- Die Grundwassermessstellen werden durch Bohrlöcher (Schichtenprofile) visualisiert und mit Textelementen gekennzeichnet, die die ID der Messstelle aus der GWDB und die Geländehöhe enthalten. Die einzelnen Bohrlöcher sind in verschiedene hydrogeologische Schichten unterteilt /6/.
- Der Grundwasserstand wird mit Hilfe von drei Grundwasserspiegeln in drei 3D-Layern visualisiert, nämlich dem maximalen, mittleren und minimalen Grundwasserstand. Die Tiefe des Grundwasserstandes an der Position der Messstellen wird mit Hilfe der Funktionen der Grundwasseranwendung im angegebenen Zeitraum ermittelt.
- Als zusätzliche Information enthält die GeoPro^{3D}-Szene verschiedene Layer mit hydrogeologischen Schichten, die bei den Bohrungen der ausgewählten Grundwassermessstellen festgestellt und in die GWDB eingetragen wurden.
- In einem weiteren Layer werden die digitalisierten Gebäude und Trassen dargestellt /8/. Der überirdische Teil der Gebäude ist rot. Der unterirdische Teil der Gebäude besteht aus mehreren Schichten von einem Meter Dicke. Dadurch kann visuell abgeschätzt werden in welcher Tiefe die Gebäude von anderen Objekten geschnitten werden.

Damit der Nutzer die notwendigen Informationen aus der 3D-Szene entnehmen kann, wurde GeoPro^{3D} mit verschiedenen Analysefunktionen ausgestattet, die mit Hilfe von anwendungsspezifischen Interaktionsarten realisiert wurden:

- Das **Baustellen-Clipping** dient dem Aufdecken von Konflikten zwischen den Grundwasserschichten und Gebäuden oder Trassen. Mit Hilfe der Funktion „Baustelle ausschneiden“ werden Baustellenobjekte aus der 3D-Szene ausgeschnitten und im 3D-Ansichtsfenster in Großansicht dargestellt /6/. Jetzt kann der Betrachter leicht die Schnitthöhen der verschiedenen Schichten an den Baustellenobjekten abschätzen (siehe Abbildung 2.13). Das Baustellen-Clipping kombiniert die allgemeine Interaktionsfunktion des Picking mit der allgemeinen Clipping-Funktion.

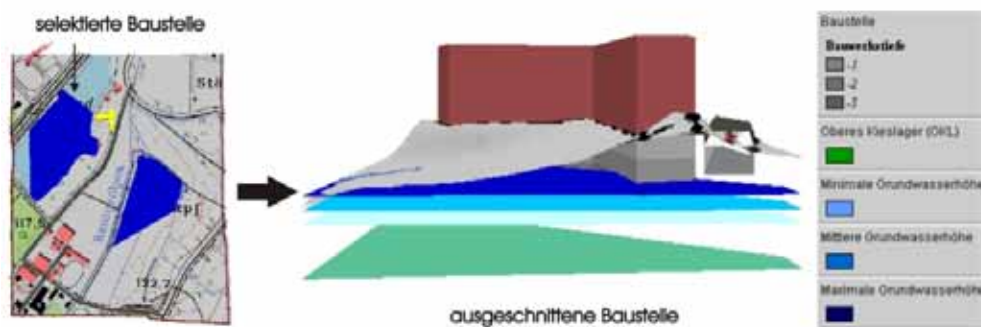


Abbildung 2.13: Baustellen-Clipping

- Das **Messstellen-Clipping** funktioniert analog zum Baustellen-Clipping und schneidet die Grundwassermessstellen aus der 3D-Szene aus (siehe Abbildung 2.14) /6/.

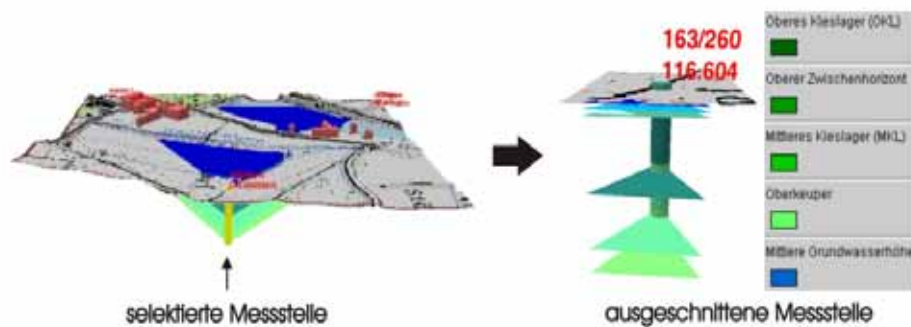


Abbildung 2.14: Messstellen-Clipping

- Die **Erzeugung von Trassenquerprofilen** dient der geologischen Analyse des Trassenverlaufs. Hierbei wurde die allgemeine Interaktionsfunktion des Picking mit der Erzeugung von 2D-Profilen kombiniert und anwendungsspezifisch erweitert. Der Nutzer kann sich mit Hilfe dieser Funktion Querprofile entlang des Trassenverlaufs eines Trassenobjektes aus der GeoPro^{3D}-Szene visualisieren (siehe Abbildung 2.15) /10/.
- Die Funktionen der **Regenerierung der GeoPro^{3D}-Szene** stellen dem Nutzer Manipulationsmöglichkeiten für die GeoPro^{3D}-Szene zur Verfügung /12/. Es können Messstellen gelöscht oder neue Messstellen nachgeladen werden (siehe Abbildungen 2.16 und 2.17).

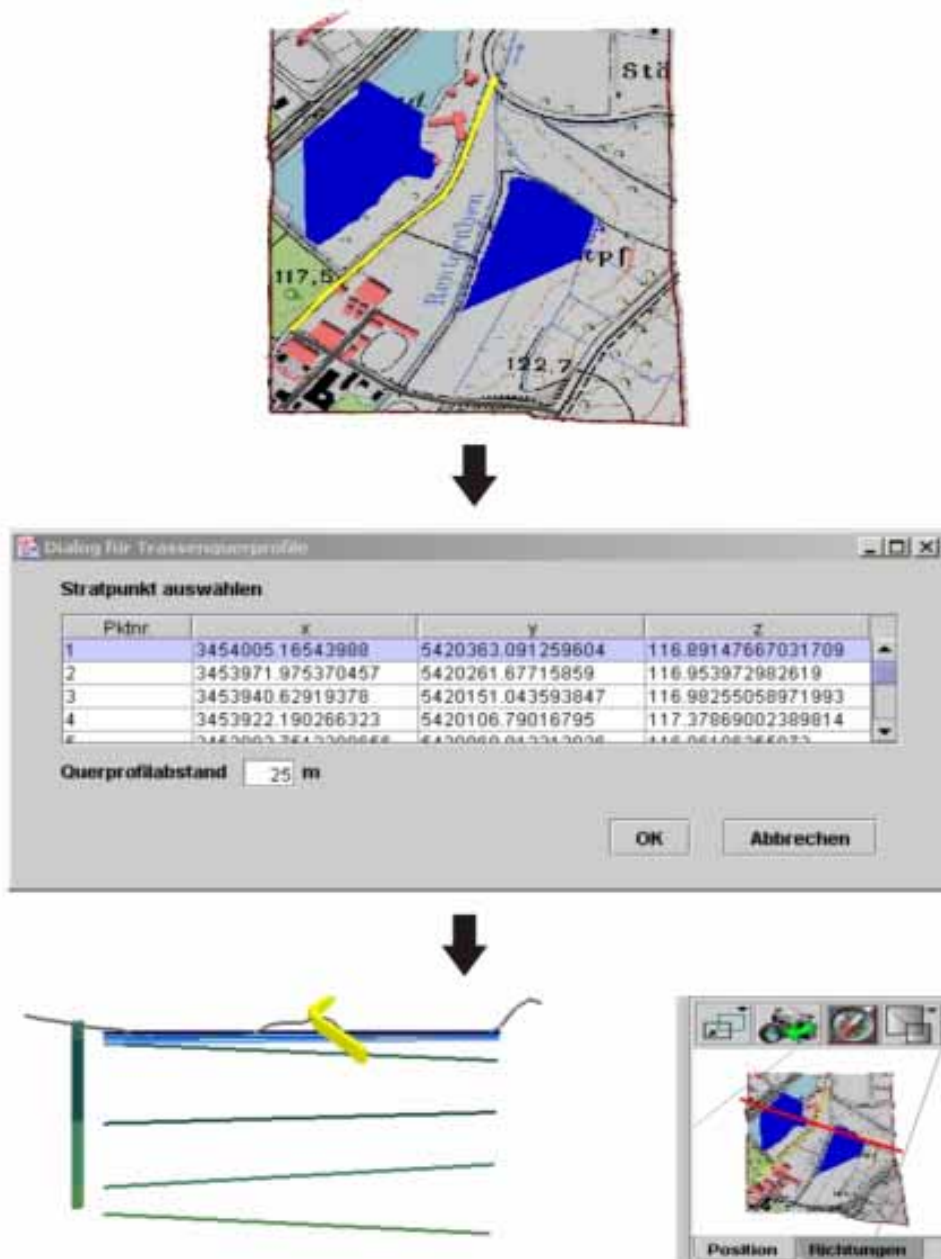


Abbildung 2.15: Erzeugung von Trassenquerschnitten

Mit Hilfe der beschriebenen Interaktionsmöglichkeiten kann der Nutzer die GeoPro^{3D}-Szene analysieren und eventuell bestehende Konflikte aufdecken.

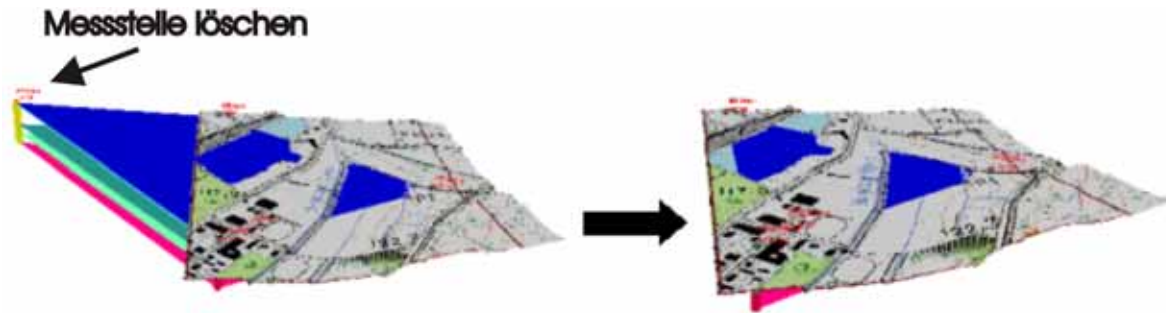


Abbildung 2.16: Messstelle löschen



Abbildung 2.17: Messstelle nachladen

3. Fazit und Ausblick

Mit GIStern 3D wurde ein 3D-Visualisierungssystem geschaffen, dessen Visualisierungen in GIStern integriert werden können. Mit Hilfe des im letzten Entwicklungsabschnitt ausgearbeiteten allgemeinen Datenmodells ist es möglich geworden, verschiedene Visualisierungsanwendungen zu realisieren. Das System wird bereits in zwei Anwendungen (DEMViewer und GeoPro^{3D}) erfolgreich eingesetzt.

Durch die Erweiterung mit einer textbasierten Schnittstelle kann eine 3D-Szene individuell auf visuellem Wege aufgewertet und mit Zusatzinformation versehen werden. Auch die Gestaltung einer kompletten Szene losgelöst von der bisherigen Anwendung ist denkbar. Dadurch lässt sich der Einsatzbereich der 3D-Komponente wesentlich erweitern.

Eine sinnvolle Ergänzung ist die Portierung des DEMViewers als Webanwendung. Er könnte benutzt werden um der Öffentlichkeit räumliche Zusammenhänge mit Hilfe von 3D-Visualisierungen im Internet einfach zu erklären. Erste Tests der technischen Realisierung mit Hilfe von Java Web Start sind erfolgreich verlaufen.

Eine weitere mögliche Entwicklung wäre die Integration von zeitlichen Komponenten in die 3D-Visualisierung mit Hilfe von Animationen. Auf diese Weise könnte zum Beispiel eine Simulation entwickelt werden, die die Grundwasserstandsentwicklung einer GeoPro^{3D}-Szene über einen längeren Zeitraum darstellt /16/.

4. Literatur

- /1/ disy: disy GISterm, Informationen geografisch integrieren, analysieren und visualisieren, http://www.disy.net/disy_gistern.html, besucht am 08.08.05
- /2/ Sun Microsystems: Java 3D, <https://java3d.dev.java.net/>, besucht am 08.08.05
- /3/ Mayer-Föll, R.; Keitel, A.; Jaeschke, A. (Hrsg.): Projekt AJA: Anwendung Java-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung; Phase I 2000, Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 6565, Dezember 2000.
- /4/ Hofmann, C.; Hilbring, D.; Veszelka, Zs.; Wiesel, J.; Müller, M.: GISterm Weiterentwicklung des flexiblen Frameworks zur Analyse und Visualisierung von raumbezogenen Daten. In /3/, S. 147-168, 2000.
- /5/ Mayer-Föll, R.; Keitel, A.; Geiger, W. (Hrsg.): Projekt AJA: Anwendung Java-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung; Phase II 2001, Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 6700, Dezember 2001.
- /6/ Hilbring, D.; Veszelka, Zs.; Wiesel, J.; Schneider, B.: GISterm 3D Weiterentwicklung des 3D-Service und der 3D-Anwendung GeoPro^{3D} für die Grundwasserdatenbank Baden-Württemberg. In /5/, S. 133-151, 2001.
- /7/ Mayer-Föll, R.; Keitel, A.; Geiger, W. (Hrsg.): Projekt AJA: Anwendung Java-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung; Phase III 2002, Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 6777, Dezember 2002.
- /8/ Hilbring, D.; Wiesel, J.; Schneider, B.: GISterm 3D Weiterentwicklung von GeoPro^{3D} und Neuentwicklung des Height-Service für die Integration digitaler Geländemodelle. In /7/, S.37-55, 2002.
- /9/ Mayer-Föll, R.; Keitel, A.; Geiger, W. (Hrsg.): Projekt AJA: Anwendung Java-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung; Phase IV 2003, Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 6950, Dezember 2003.
- /10/ Hilbring, D.; Wiesel, J.; Schneider, B.; Müller, M.: GISterm 3D Erstellung und Implementierung eines Konzepts für die Visualisierung von digitalen Geländemodellen und Weiterentwicklung von GeoPro^{3D}. In /9/, S.45-62, 2003.
- /11/ Mayer-Föll, R.; Keitel, A.; Geiger, W. (Hrsg.): Projekt AJA: Anwendung Java-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung; Phase V 2004, Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe, FZKA 7077, Dezember 2004.
- /12/ Hilbring, D.; Wiesel, J.; Schneider, B.: GISterm 3D Integration und Visualisierung von hochauflösenden Geländemodellen und Weiterentwicklung von GeoPro^{3D}. In /11/, S.91-104, 2004.
- /13/ Web3D Consortium, <http://www.web3d.org/>, besucht am 27.03.06
- /14/ Schmid, H.; Schmieder, M.; Schreiber, U.; Usländer, T.: Weiterentwicklung der Entwicklungsumgebung WAABIS am Beispiel der Fachanwendung Grundwasser. In /3/, S.85-105, 2004.
- /15/ Schuhmann, D.: Handbuch Grundwasserdatenbank, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, S. 318 - 333, 2005
- /16/ Hilbring, D.: 3D-GIS-Visualisierung in der Umweltinformatik, Universitätsverlag Karlsruhe 2005, ISBN 3-937300-83-X