

3D-GIS-Anwendungen im Umwelt-Informationssystem Baden-Württemberg

DÉSIRÉE HILBRING, BURKHARD SCHNEIDER & JOACHIM WIESEL, Karlsruhe

Keywords: GIS, 3D GIS application, Digital Elevation Model, ground water, Environmental Information System

Zusammenfassung: Der folgende Artikel beschäftigt sich mit der Realisierung von 3D-GIS-Anwendungen. Behandelt werden dabei einerseits die Grundlagen, die notwendig sind, um solche Anwendungen realisieren zu können und andererseits zwei Anwendungsbeispiele im Umweltinformationssystem Baden-Württemberg, nämlich ein DEM-Viewer für die Visualisierung digitaler Geländemodelle und eine fachspezifische Anwendung für die visuelle Analyse von Grundwassersituationen (GeoPro^{3D}).

Summary: *3D GIS applications in the Environmental Information System of Baden-Württemberg.* The following paper deals with the implementation of 3D GIS applications. Firstly it presents basic implementation techniques, which are generally needed for all kinds of 3D GIS applications. Secondly it concentrates on two application examples in the Environmental Information System of Baden-Württemberg: a DEM-Viewer and GeoPro3D. The DEM-Viewer is a tool for visualising Digital Elevation Models while GeoPro3D is a specific application for the three dimensional visualisation of ground water situations.

1 Einleitung

Im Rahmen des Umweltinformationssystems Baden-Württemberg werden im Projekt „AJA“ (Anwendung JAVA-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung) Lösungen für das Informationssystem „WAABIS“ (Wasser, Abfall, Altlasten, Boden Informationssystem) erarbeitet (UIS 2003). Dabei kommen im Rahmen der WAABIS-Fachanwendung Grundwasser 3D-GIS-Anwendungen für die Analyse von Gelände- und Grundwassersituationen zum Einsatz (SCHMID 2000). Es können zwei Grundanwendungen unterschieden werden:

1. Die allgemeine 3D-Darstellung digitaler Geländemodelle verschiedener Auflösung (DEM-Viewer)
2. Die Analyse der Grundwassersituation für Bauvorhaben in räumlich begrenzten Bereichen (GeoPro^{3D})

Auftraggeber für die 3D-GIS-Anwendungen ist das Ministerium für Umwelt und Verkehr im Rahmen des Projektes AJA. Betreuende Entwicklungsstelle ist die Landesanstalt für Umweltschutz (LfU).

WAABIS wird mit seinen Komponenten seit 1999 in der LfU, den Gewässerdirektionen, und in den Stadt- und Landkreisen des Landes Baden-Württemberg angewendet.

Grundlage der Anwendungen ist ein handelsüblicher PC mit dem Betriebssystem Windows NT/2000, der für die Benutzung der 3D-Komponenten mit einer 3D beschleunigten Grafikkarte ausgestattet sein sollte.

Die Realisierung der oben genannten 3D-GIS-Anwendungen und der dafür erforderlichen weiteren Komponenten erfolgt durch das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe. Implementiert werden die 3D-GIS-Anwendungen mit Hilfe der generischen Klassen- und Komponentenbibliothek „GISterm Frame-

work“ für den Zugriff auf und die Visualisierung von Daten mit Raumbezug der Firma disy GmbH (HOFMANN 2002). Die Hauptkomponente dieses Frameworks namentlich „GISterm“ wird als Basis-Geoinformationssystem verwendet und kann dynamisch um anwendungs- oder fachspezifische Komponenten, sogenannte „Services“, erweitert werden. Im Rahmen der Entwicklung der 3D-GIS-Anwendungen für das UIS wurde GISterm mit mehreren solcher Komponenten ergänzt. Dabei können allgemeine Komponenten von fachspezifischen Komponenten unterschieden werden. Allgemeine Komponenten sind der 3D-Service und der Height-Service. Der 3D-Service stellt Grundlagen zur Verfügung, die für die Implementierung von allgemeinen 3D-GIS-Visualisierungen notwendig sind, während der Height-Service den Datenbankzugriff für digitale Geländemodelle regelt, die häufig als Datengrundlage für 3D-GIS-Anwendungen benutzt werden. Dargestellt werden diese mit Hilfe des DEM-Viewers.

Im Gegensatz dazu ist GeoPro^{3D} eine fachspezifische Komponente, die zur Lösung spezieller Anwendungsfälle erarbeitet wurde. Abb. 1 zeigt das Zusammenspiel der Komponenten der 3D-GIS-Anwendungen des UIS.

Alle verwendeten Komponenten wurden mit der Programmiersprache Java realisiert. Zur Implementierung der 3D-Komponenten wurde Java 3D benutzt (Sun Microsystems 2003 [1]). Java 3D ist eine Erweiterung von Java 2 und setzt auf der Graphikbasis des Rechners (OpenGL oder DirectX) auf.



Abb. 2: Voraussetzungen für Java 3D.

In den folgenden Abschnitten werden die Komponenten der 3D-GIS-Anwendungen ausführlicher erläutert.

2 3D-Service

Der 3D-Service besteht aus Klassen und Methoden, die für die Erstellung jeder beliebigen 3D-GIS-Anwendung notwendig sind. Ziel ist hierbei, bereits vorhandene Konzepte aus dem 2D-GIS-Bereich soweit wie möglich mitzubeneutzen.

In GI-Systemen werden häufig verschiedene Dimensionen definiert. Zweidimensionale Daten beziehen sich auf ebene x,y-Koordinaten ohne Höheninformation. 2.5D Daten enthalten zusätzlich zur Lagegeometrie die Höhe z als Attribut. 3D Daten speichern x,y,z-Koordinaten in hinreichender Dichte für das gesamte Teilgebiet (BILL 1999). Dabei wird in 3D-Linienmodelle (Knotenpunkte im Raum werden durch Linien miteinander verbunden.), 3D-Flächenmodelle (das 3D-Objekt besteht aus verschiedenen Flächen, welche sich i.d.R. aus Dreiecken oder Quadraten zusammensetzen.) und 3D-Volumenmodelle (Grundelemente dieses Modells sind Körper, wie Quader, Kugeln, Zylinder, etc., die miteinander verknüpft werden können, um kompliziertere Objekte zu bilden.) unterschieden. Die Vi-

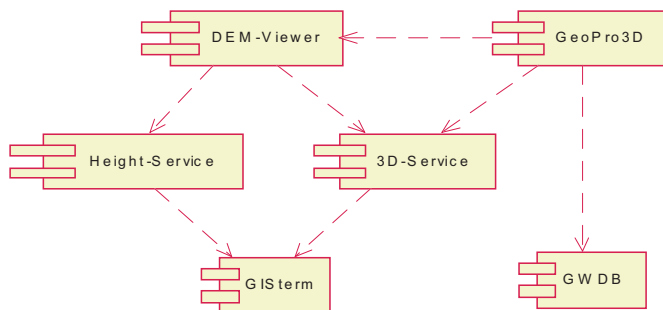


Abb. 1: 3D-GIS-Komponenten.

sualisierung der Objekte erfolgt im 3D-Service mit Hilfe von Java 3D, dem das 3D-Flächenmodell zugrunde liegt. Es ist mit dem 3D-Service also grundsätzlich möglich 3D-Objekte zu erzeugen und zu visualisieren, die für eine Lagekoordinate mehrere z-Koordinaten enthalten (Beispiele: Gebäude, Bohrloch, ...).

2.1 Erstellung der 3D-Szene

Bevor der eigentliche Objekteinhalt visualisiert wird, erzeugt der 3D-Service ein leeres Universum, also eine 3D-Szene, mit allgemeinen Funktionalitäten. Welche Art von Objekten in der 3D-Szene verwaltet werden hängt von der spezifischen 3D-GIS-Anwendung ab. Die erstellte Szene wird vom 3D-Service in das Basis-GIS GISterm integriert.

2.2 Layer-Verwaltung

Ein Beispiel für das Mitverwenden bekannter Konzepte aus dem 2D-Bereich ist die Verwaltung von 3D-Objekt-Inhalt einer Szene, welcher analog zum Basis-GIS mit Layern erfolgt. Dabei enthält jeder 3D-Layer Gruppen von Objekten, die semantisch zueinander gehören. 3D-Layer können wie im Zweidimensionalen geladen oder gelöscht, sichtbar oder unsichtbar geschaltet werden. Außerdem ist es möglich, Objekte innerhalb eines Layers zu selektieren oder die Farbe der Layer-Objekte zu ändern.

2.3 Navigation und Orientierung

Die Aufgabe der Navigation für eine 3D-GIS-Anwendung ist, es dem Nutzer zu ermöglichen, alle Objekte, die in einer 3D-Szene enthalten sind, erreichen und näher betrachten zu können. Im Gegensatz zur Layerverwaltung können die Navigationsfunktionen nicht aus dem Zweidimensionalen übernommen werden. Das Grundkonzept der Navigation in den Szenen des 3D-Service von GISterm enthält die Vorstellung, dass ein virtueller Betrachter im 3D-Raum den für ihn relevanten Bereich der Szene betrachtet. Dieser Betrachter wird mit Hilfe der normalen Computermaus bewegt. Dabei löst die linke Maustaste eine Bewegung des Betrachters um die Objekte herum aus (Rotation). Die mittlere Maustaste bringt die Objekte näher an den Betrachter heran oder entfernt den Betrachter von den Objekten (Zoom). Die rechte Maustaste realisiert analog die Funktion des Panning (Sun Microsystems 2003 [2]).

Eine Orientierungshilfe in der 3D-Szene bietet das Übersichtsfenster. Dieses Fenster zeigt jederzeit einen Überblick über die gesamte 3D-Szene in Relation zur Position des virtuellen Betrachters, der im Übersichtsfenster durch eine Kamera repräsentiert wird. In der Blickrichtung der Kamera befindet sich im Übersichtsfenster ein sogenanntes „View Frustum“ (Pyramidenstumpf). Nur die Objekte, die innerhalb des Pyramidenstumpfes liegen, sind in der Hauptansicht des 3D-Service zu sehen.

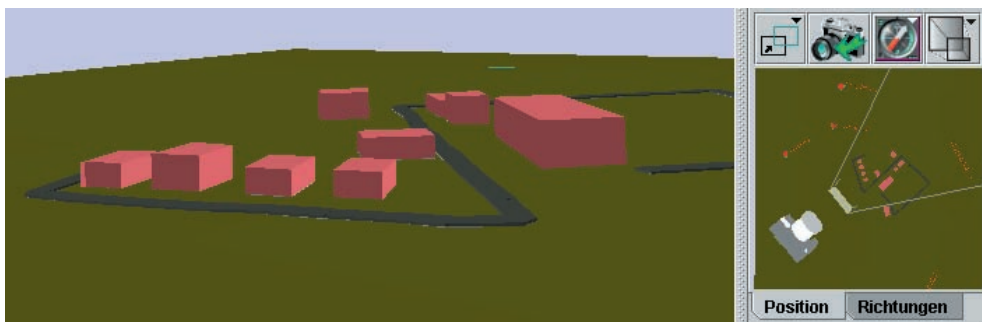


Abb. 3: Die Hauptansicht (links) zeigt den mit Kamera und View Frustum markierten Ausschnitt des Übersichtsfensters (rechts).

Trotzdem kommt es vor, dass sich der Benutzer einer 3D-Anwendung in den virtuellen Weiten des Raumes verirrt. Die in GIS-Systemen allgemein übliche „Zoom-To-Extent“ Funktion bringt den virtuellen Betrachter auf eine Anfangsposition (Beispiel: Betrachtung der kompletten Ost-West-Ausdehnung der Szene von Süden aus) zurück.

2.4 Allgemeine Eigenschaften einer 3D-Szene

Jede beliebige 3D-Szene besitzt einige allgemeine Eigenschaften, die verändert werden können. Dabei sind die folgenden Funktionen realisiert worden:

- Die 3D-Szene kann entlang der Z-Achse überhöht werden.
- Der Schattierungsalgorithmus der 3D-Objekte kann gewechselt werden (Gouraud, Flat oder keine Schattierung).
- Zum besseren Ausleuchten der relevanten Stellen kann die virtuelle Sonnenposition geändert werden.
- Die Hintergrundfarbe der 3D-Szene kann geändert werden.

2.5 Aufbau einer 3D-Szene

Das Diagramm (Abb. 4) zeigt die wichtigsten Klassen des 3D-Service.

Die Klasse `GIS3DService` integriert die 3D-Service Bestandteile in das Basis-GIS. Sie erstellt mit Hilfe der Klasse `GIS3DView` eine 3D-Szene und fügt diese als Ansichtsfenster in GIS ein. `GIS3DView` realisiert außerdem die allgemeinen Naviga-

tions- und Orientierungsfunktionen durch die Instanziierung der Klassen `ViewerNavigationBehavior` (Rotation), `MouseZoomAdjustView` (Zoom) und `MouseTranslate` (Pan) für die Navigation, sowie durch die Instanziierung der Klasse `GIS3DControlView` (Übersichtsfenster) für die Orientierung. Jede durch `GIS3DView` erzeugte 3D-Szene kann beliebig viele Instanzen der Klasse `FeatureLayer3D` (abgeleitet von `Layer3D` zur Verwaltung von Objekten mit Sachattributen) enthalten. Ein `FeatureLayer3D` enthält den eigentlichen 3D-Objekt-Inhalt in Form eines `FeatureProxy3D`-Objektes.

Mit Hilfe der Klassen und Methoden, die der 3D-Service zur Verfügung stellt, können beliebige Arten von 3D-GIS-Visualisierungen realisiert werden. Je nach Anwendung müssen erstens spezieller 3D-Objekt-Inhalt erstellt und zweitens dazu passende visuelle Analysefunktionen implementiert werden. Folgende Operationen des 3D-Service können für die Analyse von Objekten hilfreich sein:

- Selektion von Objekten
- Ausschneiden definierter Teile aus der 3D-Szene
- Streckung der z-Achse

3 Integration digitaler Geländemodelle

In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Visualisierung digitaler Geländemodelle (DGM) häufig Bestandteil von 3D-GIS-Anwendungen ist. Deswegen wurde der 3D-

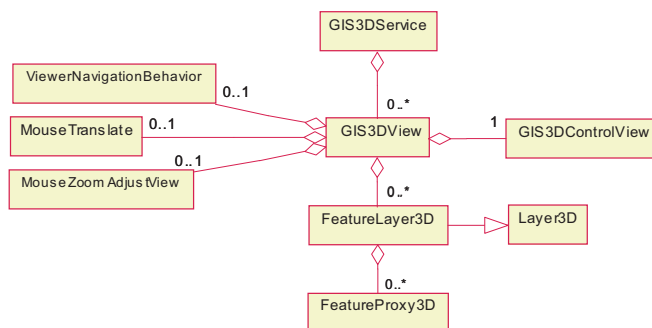


Abb. 4: Hauptklassen der 3D-Service-Komponente.

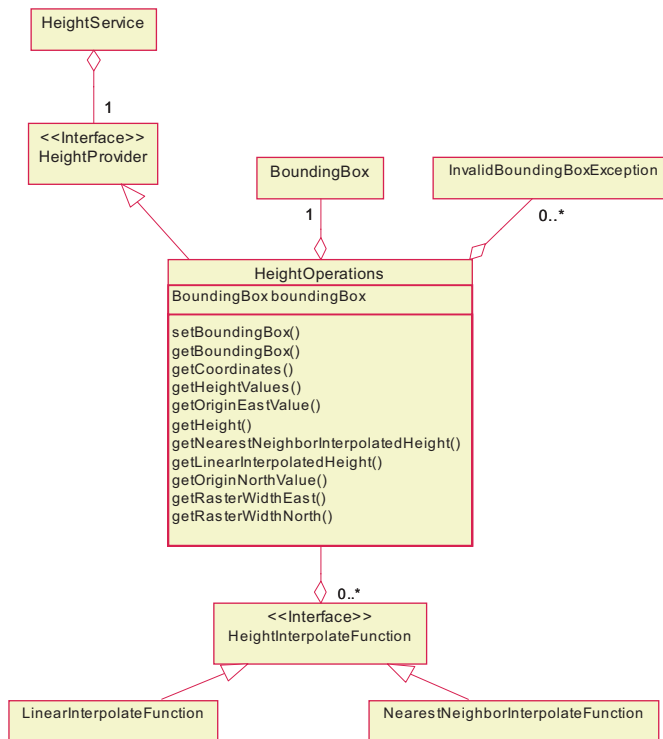


Abb. 5: Height-Service-Schnittstelle.

Service um Klassen und Methoden zur Darstellung digitaler Geländemodelle ergänzt.

3.1 Height-Service

Bevor ein DGM visualisiert werden kann, muss der Zugriff auf die Daten geregelt werden. In der WAABIS-Datenbank sind verschiedene Arten von Rasterdaten (Luftbilder, topografische Karten, ...) nach dem Rasterkachelungsprinzip abgelegt (HOFMANN 2000). Die entsprechenden Klassen und Methoden des Basis-GIS können auch für die Speicherung von digitalen Geländemodellen verschiedener Auflösung in der Datenbank verwendet werden. Dabei wird jeder Höhenwert eines DGM-Raster-Stützpunktes als Farbinformation in einem PNG-Bild, welches in der Datenbank gekachelt werden kann, codiert. Die Vorteile des PNG-Bildformates sind eine verlustfreie Kompression und die Patentfreiheit. Die Struktur der digitalen Geländemodelle, die

mit Hilfe dieser Methode verwaltet werden können, muss gitterförmig sein.

Das Verfahren wurde im Height-Service implementiert. Der Height-Service codiert einerseits digitale Geländemodelle als Bildmaterial für die Speicherung in der Datenbank. Andererseits regelt er den Zugriff auf die digitalen Geländemodelle in der Datenbank und entschlüsselt die Höheninformation für die weitere Verwendung in beliebigen GIS-Anwendungen.

Dafür bietet der Height-Service eine Schnittstelle an. Mit ihrer Hilfe wird ein DGM aus der Datenbank selektiert und die DGM-Daten des in der Schnittstelle festgelegten Bereiches können aus der Datenbank gelesen werden (Klasse `HeightOperations`). Die Höheninformationen für Punkte, die nicht auf den Stützstellen des DGMs liegen, können mit Hilfe der beiden integrierten Interpolationsverfahren (`NearestNeighbourInterpolateFunction` oder `LineareInterpolateFunction`)

berechnet werden. Alternative Interpolationsverfahren können vom Anwendungsprogrammierer ergänzt werden.

3.2 DEM-Viewer

Die 3D-GIS-Anwendung DEM-Viewer realisiert die Darstellung der in der Datenbank enthaltenen digitalen Geländemodelle innerhalb von GIStern. Die Darstellung der Geländeoberfläche erfolgt mit Hilfe des 2.5D-Modells. Für jeden Punkt im Gelände existiert genau ein Höhenwert.

Das Anwendungsszenario sieht vor, dass der Benutzer für einen beliebigen 2D-Kartenausschnitt eine 3D-Szene mit dem dazu passenden Geländeteil aus der Datenbank laden und darstellen kann. Dazu sucht der DEM-Viewer mit Hilfe des Height-Service in der Datenbank nach dem in der Auflösung passenden DGM. Der DEM-Viewer selektiert die Daten des in der 2D-Karte ausgewählten Bereichs und erstellt ein Geländeobjekt, das in eine neue 3D-Szene geladen wird. Das Gelände wird mit dem entsprechenden 2D-Kartenausschnitt als Textur überlagert.

Das Klassendiagramm in Abb. 6 zeigt die Klassen, um die der 3D-Service für die Darstellung der digitalen Geländemodelle ergänzt wurde. Die für die Erstellung des Geländemodells zuständige Hauptklasse ist der DEMGenerator, der den durch den Kartenausschnitt definierten Bereich erhält. Diese BoundingBox wird an eine Instanz der Klasse DEMBoxSelector weitergeleitet, die ihrerseits Klassen und Methoden des Height-Service benutzt, um die passenden Daten aus der Datenbank zu selektieren. Mit den Daten erstellt der DEMGenerator einen DEMLayer3D mit einem FeatureProxy3D-Objekt. Dieses Objekt enthält ein Bild (BufferedImage) als Textur für die Geländeoberfläche. Letztendlich wird der DEMLayer3D in einen GIS3DViewer geladen und das Geländeobjekt wird in der 3D-Szene sichtbar (Abb. 7).

Interessiert sich der Nutzer für an das Objekt angrenzende Geländeteile, können diese mit Hilfe einer neuen Funktion des Übersichtsfensters nachgeladen werden. Der Nutzer bestimmt die Richtung zum Nachla-

den neuer Geländeteile. Der DEMLayer3D löscht das bisher geladene Geländestück und ersetzt es durch den geforderten benachbarten Geländeteil. Das neue Geländestück ist teilweise überlappend mit dem vorherigen (Abb. 8).

Auf dem Testrechner, einem zurzeit handelsüblichen PC (AMD Athlon XP 2000 mit 1 GB Arbeitsspeicher und GeForce4 Ti 4200), können Digitale Geländemodelle inklusive Textur bis zu einer Größe von 250 000 Punkten performant (ruckelfrei) dargestellt werden. Bei der Visualisierung von Digitalen Geländemodellen mit 500 000 Punkten ergeben sich bei der Navigation Verzögerungen bei der Darstellung.

Das in diesem Kapitel vorgestellte Verfahren ist bisher auf die Verwaltung von digitalen Geländemodellen gitterförmiger Struktur beschränkt. Für die Visualisierung von digitalen Geländemodellen in TIN (Triangulated Irregular Network)-Struktur bestehen allerdings bereits Klassen und Methoden, die in der im Folgenden näher beschriebenen 3D-GIS-Anwendung GeoPro^{3D} verwendet werden.

4 GeoPro^{3D}

GeoPro^{3D} ist ein typisches Beispiel für eine 3D-GIS-Anwendung, die unter anderem auch digitale Geländemodelle als Datengrundlage verwendet (HILBRING 2002).

4.1 Anwendungsszenario

Ziel der Anwendung ist die Analyse der Grundwassersituation für geplante Bauvorhaben. Ein typisches Anwendungsbeispiel für GeoPro^{3D} sieht folgendermaßen aus: Ein Sachbearbeiter in der Verwaltung hat über ein Baugenehmigungsverfahren zu entscheiden und möchte sich die Grundwasserlage im relevanten Gebiet anschauen. Typische Fragestellungen sind zum Beispiel:

- Wie tief liegt der durchschnittliche Grundwasserspiegel in Relation zu den Gebäuden?
- Wäre ein bestimmtes Gebäude zu einem bestimmten Zeitpunkt mit dem Grundwasser in Konflikt geraten?

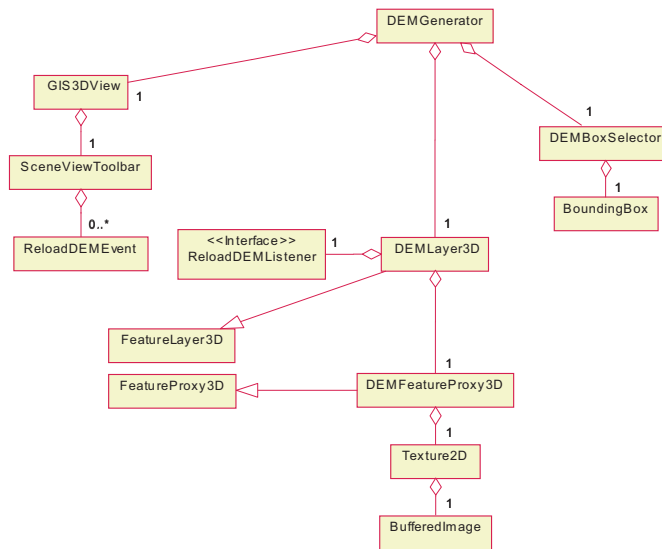


Abb. 6: Im 3D-Service ergänzte Klassen für den DEM-Viewer.

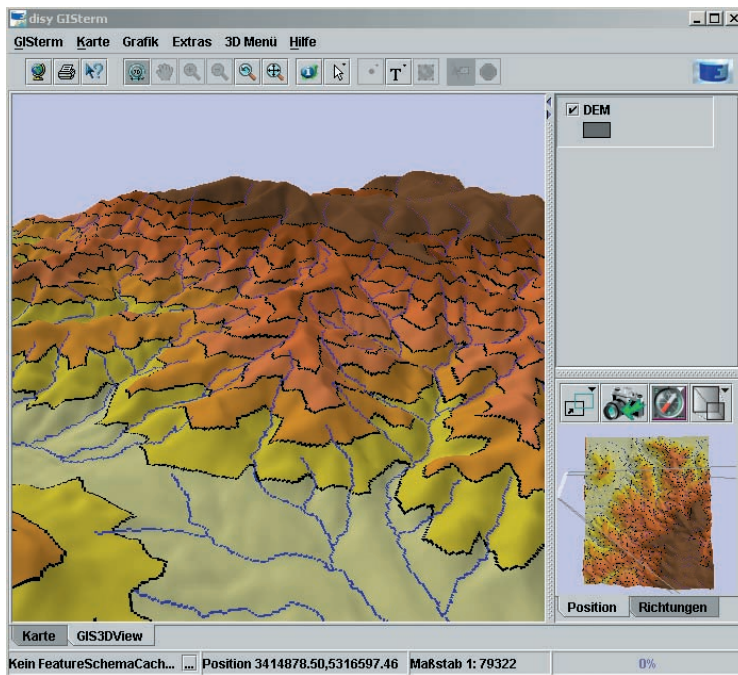
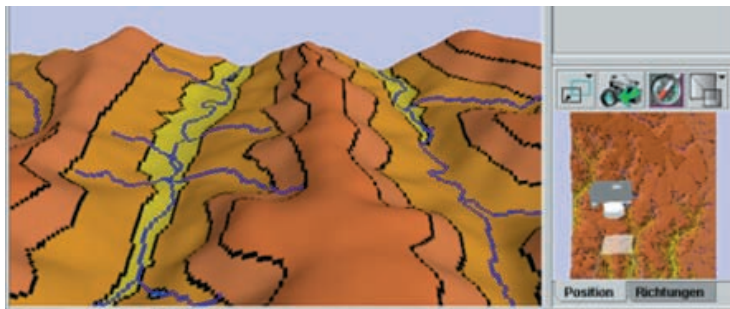
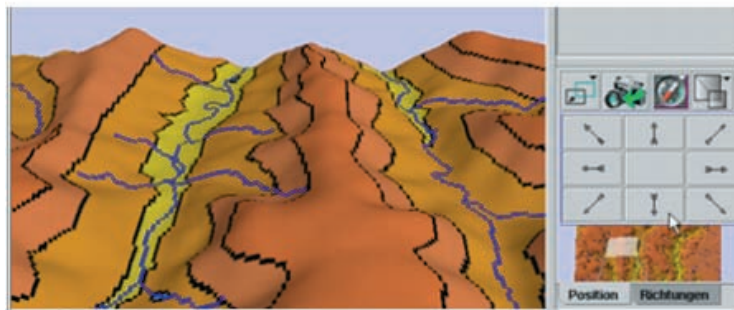


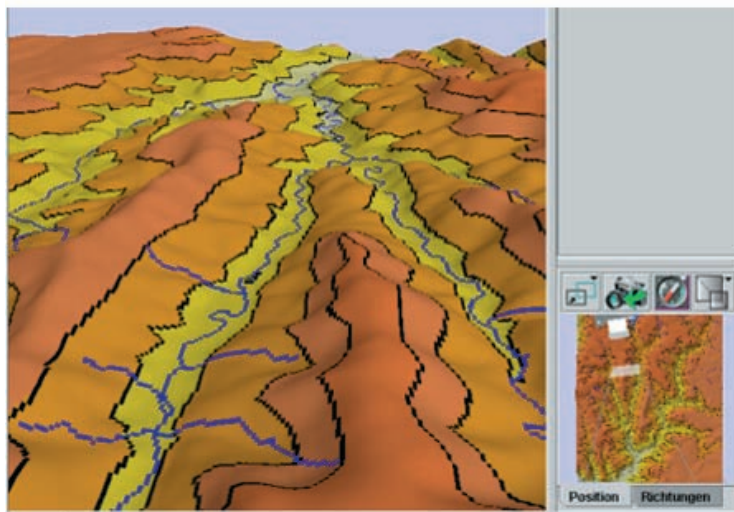
Abb. 7: 3D-Szene mit digitalem Geländemodell.



Kamera schaut in Südrichtung



Aufruf zum Nachladen neuer Geländeteile in Südrichtung



Neue Geländeteile werden im Haupt- und Übersichtsfenster dargestellt

Abb. 8: Interaktives Nachladen neuer Geländeteile.

- Wie sieht die Grundwassersituation für den Verlauf einer geplanten Strasse aus?

Mit Hilfe der im Projekt WAABIS entwickelten Grundwasseranwendung, der Grundwasserdatenbank (GWDB), GIS-ter und GeoPro^{3D} ist es möglich, die geplante Gebäude- oder Straßensituation dreidimensional in einer Szene zu modellieren und gleichzeitig den Grundwasserspiegel des Gebietes einzublenden, so dass mögliche Konflikte zwischen der Gebäude- oder Straßensituation aufgedeckt werden können. Die GWDB enthält neben Informationen über die Grundwassermenge und Güte von Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg auch Informationen über die hydrogeologischen Schichten an einem Bohrloch. Diese Schichten können ebenfalls mit Hilfe von GeoPro^{3D} visualisiert werden.

4.2 Zusammenstellung der notwendigen Daten

Bevor die entsprechende 3D-Szene erstellt werden kann, benötigt GeoPro^{3D} Informationen zur Modellierung der zu erzeugenden

3D-Objekte. Diese Informationen müssen interaktiv vom Sachbearbeiter angegeben werden. Die notwendigen Angaben werden mit Hilfe von Benutzerdialogen und der 2D-Kartenansicht von GIS-ter erfasst:

- Die Grundwassermessstellen werden mit Hilfe der GWDB-Anwendung in die 2D-Kartenansicht von GIS-ter geladen und können dort entweder einzeln selektiert oder mit Hilfe einer Bounding-Box ausgewählt werden.
- Im Grundwasserbereich des Benutzerdialoges kann der Sachbearbeiter den Zeitraum der Messungen in der GWDB festlegen, der für die Berechnung des Grundwasserspiegels berücksichtigt werden soll.
- Als Geländeoberfläche kann entweder das in der Datenbank vorhandene digitale Geländemodell benutzt werden, oder es können alternativ die Geländehöheninformationen der Grundwassermessstellen der GWDB verwendet werden.
- Zusätzlich zu den Informationen aus der GWDB benötigt GeoPro^{3D} Angaben über das geplante Bauvorhaben. GeoPro^{3D} kann grundsätzlich zwei verschiedene

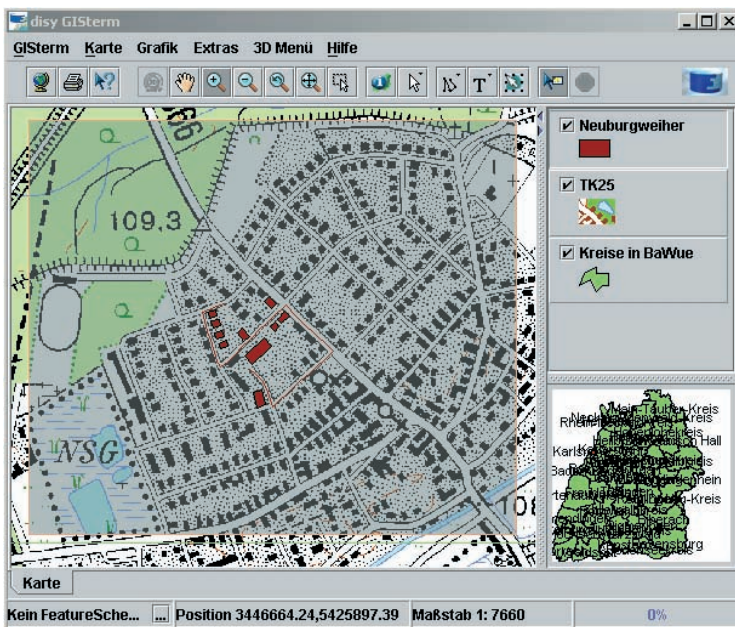


Abb. 9: 2D-Karte mit digitalisierten Gebäuden (rote Rechtecke), digitalisierten Straßen (rote Linien) und Selektionsbereich der Grundwassermessstellen (graue Region).

Bauwerkstypen unterscheiden: Gebäude und Trassen. Objekte beider Typen können in der 2D-Karte digitalisiert werden. Dabei werden bei Gebäuden die Umrisskoordinaten und bei Straßen- oder Bahntrassen (linienförmige Objekte) die Stützpunkte des Längsprofils erfasst. Die erfassten Koordinaten können im Benutzerdialog angepasst werden. Zusätzlich muss für jedes erfasste Baustellenobjekt noch dessen Höhe und Tiefe angegeben werden. Abb.9 zeigt die GIS-ter-Kartenansicht mit den für GeoPro^{3D} digitalisierten Objekten.

Mit diesen Informationen kann GeoPro^{3D} die 3D-Szene erzeugen.

4.3 Aufbau der GeoPro^{3D}-Szene

GeoPro^{3D} modelliert aus den erhaltenen Informationen 3D-Objekte. Dabei übernimmt die Klasse `GroundWaterApp` die Analyse der Benutzerdialoge, erstellt die Objekte, gruppiert sie semantisch in verschiedenen Layern und fügt diese in eine mit der Klasse `GIS3DView` neu erstellte 3D-Szene ein.

Alle selektierten Grundwassermessstellen werden in der 3D-Szene mit Hilfe der Information über die hydrogeologischen Schichten als Bohrloch dargestellt und durch ihre Id in der GWDB gekennzeichnet. Die

Grundwassermessstellen werden im `Borehole Layer` zusammengefasst und die Ids im `TextLayer3D`.

Die Geländeoberfläche der 3D-Szene wird als `DEMFeatureProxy3D` rechteckig aus den DGM-Daten modelliert und in einem `DEMLayer3D` dargestellt. Alternativ kann die Geländeoberfläche aus den Grundwassermessstellen, die in der GWDB gespeichert sind und in TIN-Struktur vorliegen, mit Hilfe einer Delaunay-Triangulation erzeugt, und in einem `TerrainLayer3D` dargestellt werden. Die Triangulation aus den Geländehöhendaten ist weniger sinnvoll, da für eine hinreichend genau modellierte Geländeoberfläche nicht genügend Grundwassermessstellen pro Quadratkilometer vorhanden sind. Diese Modellierung dient als Notlösung, falls für den zu bearbeitenden Bereich kein DGM zur Verfügung steht.

Im Gegensatz dazu werden sowohl der Grundwasserspiegel, als auch die hydrogeologischen Schichten immer mit Hilfe der Delaunay-Triangulation erstellt. Dabei generiert `GroundWaterApp` drei verschiedene Grundwasserlayer (`WaterLayer3D`) für die minimalen, mittleren und maximalen Grundwasserstände des gewählten Zeitraumes. Für jede hydrogeologische Schicht wird ein `GeoProfile3DLayer` erstellt.

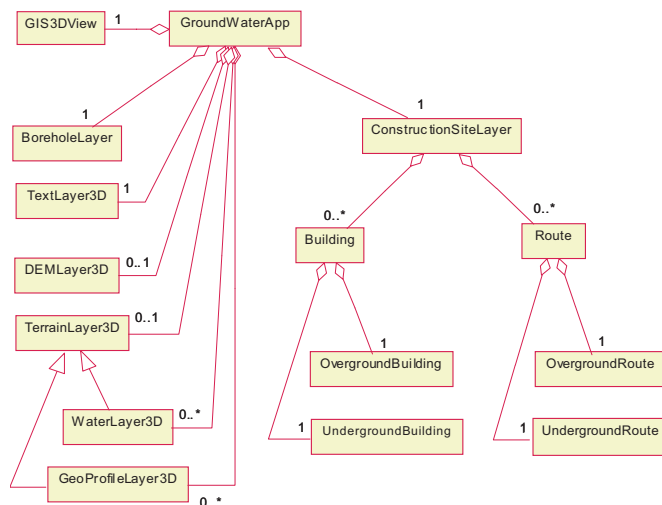


Abb. 10: Hauptklassen der GeoPro^{3D}-Komponente.

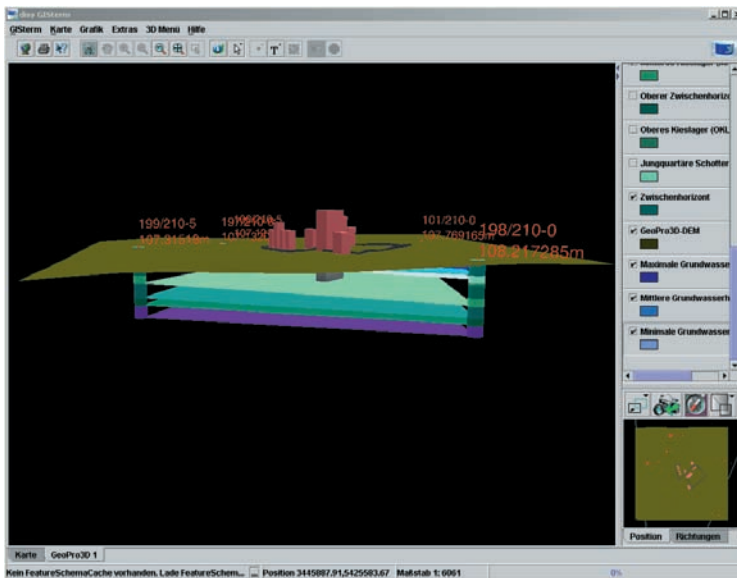


Abb. 11: GeoPro^{3D}-Ergebnisszene mit Bauwerksgruppe, Gelände, Grundwassermessstellen mit Beschriftung, Grundwasserspiegel und hydrogeologischen Schichten.

Letztendlich erzeugt GroundWaterApp einen Layer, der die Baustelle repräsentiert, den `ConstructionSiteLayer` mit allen Objekten, die aus den Baustelleninformationen modelliert werden können. Das sind sowohl Objekte der Klasse `Building` (Gebäude), als auch Objekte der Klasse `Route` (Trassen). Jedes Baustellenobjekt besteht dabei aus einem überirdischen Teil (`OvergroundBuilding` und `OvergroundRoute`) und einem unterirdischen Teil (`UndergroundBuilding` und `UndergroundRoute`), der für die Konfliktanalyse benötigt wird.

4.4 Analyse

Abb. 11 zeigt eine von GeoPro^{3D} erstellte Ergebnisszene, die für die Analyse der Grundwassersituation im Baustellenbereich verwendet wird. Die räumliche Ausdehnung der Szene ist in Ost-West bzw. Nord-Süd-Richtung größer als die Höhenausdehnung. Deswegen wird die GeoPro^{3D}-Szene mit Hilfe der allgemeinen Überhöhungsfunktion in z-Richtung gedehnt. Dadurch lassen sich die Grundwasser- und die hydrogeologischen Schichten in der Szene besser unterscheiden.

4.4.1 Ausschneiden relevanter Bereiche

Das primäre Interesse des Betrachters liegt häufig in einem Teilgebiet der dargestellten Szene. Deswegen bietet GeoPro^{3D} dem Nutzer die Möglichkeit, ihn interessierende Objektgruppen, wie Gebäude, Trassen oder Bohrlöcher durch Selektion zu definieren, aus der Gesamtszene auszuschneiden und gesondert zu betrachten.

Der jeweils selektierte Bereich kann mit Hilfe eines kleinsten umschließenden Rechtecks parallel zu den Koordinatenachsen aus der 3D-Szene ausgeschnitten und mittels

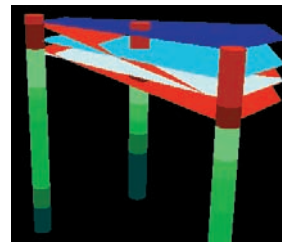


Abb. 12: Ausschnitt aus einer GeoPro^{3D}-Szene zur Analyse des Grundwasserverlaufs (blau) in den hydrogeologischen Schichten der gewählten Bohrlöcher.

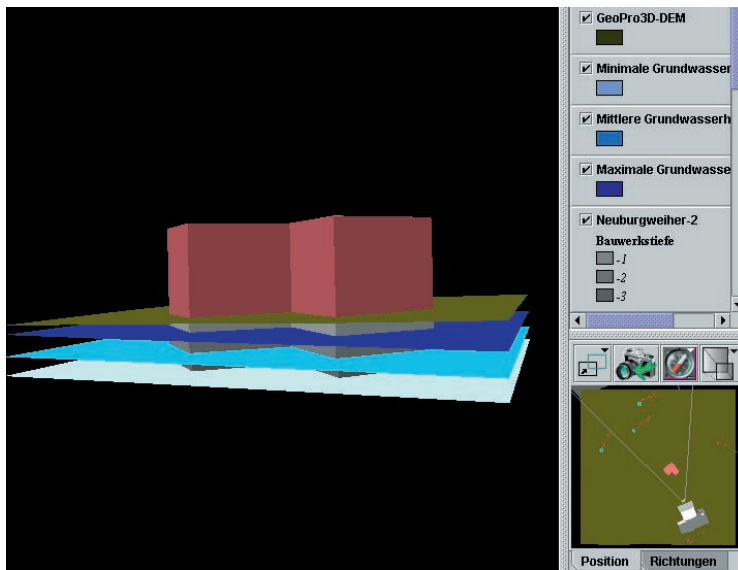


Abb. 13: Konfliktanalyse eines aus der GeoPro^{3D}-Szene ausgeschnittenen Gebäudes.

Navigation vom Anwender visuell analysiert werden.

4.4.2 Erkennung von Konfliktfällen

Eine häufige Anwendungsaufgabe von GeoPro^{3D} ist die Untersuchung der Grundwassersituation für ein bestimmtes Gebäude. Diese Aufgabe kann mit Hilfe des „Ausschneidens relevanter Bereiche“ gelöst werden.

Abb. 13 zeigt einen typischen Konfliktfall zwischen einem Gebäude und dem Grundwasserspiegel. Der rote Teil des Gebäudes liegt über der grünen Geländeoberfläche, während die Schichten des Gebäudes in verschiedenen Grautönen den unterirdischen Teil repräsentieren. Jede dieser Schichten hat eine Dicke von einem Meter. In der Abbildung lässt sich erkennen, dass das Gebäude für alle drei Wasserhöhen mit dem Grundwasser in Konflikt gerät. Im Bild schneidet die maximale Grundwasserhöhe den Keller in einer Tiefe von einem Meter.

4.4.3 Profilerstellung

Neben der dreidimensionalen Betrachtung der Szene ist für den Sachbearbeiter auch

der Verlauf der verschiedenen Schichten an bestimmten Stellen interessant. Für diese Betrachtungsart besitzt GeoPro^{3D} Möglichkeiten zur Erstellung von 2D-Profilen. Es können zwei verschiedene Anwendungsfunktionen unterschieden werden:

- Erzeugung eines 2D-Profiles an beliebiger Stelle der 3D-Szene. Der Nutzer wählt in der Vogelperspektive der Szene interaktiv die Lage des gewünschten Profils.

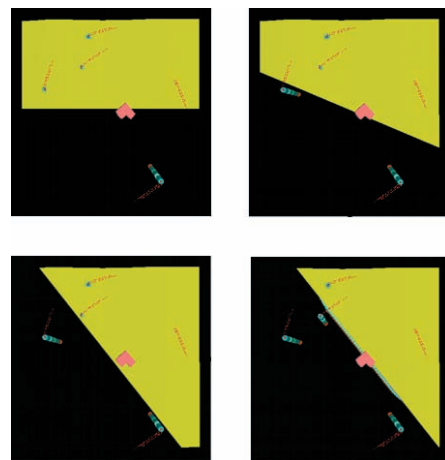


Abb. 14: Interaktive Wahl der Profilposition.

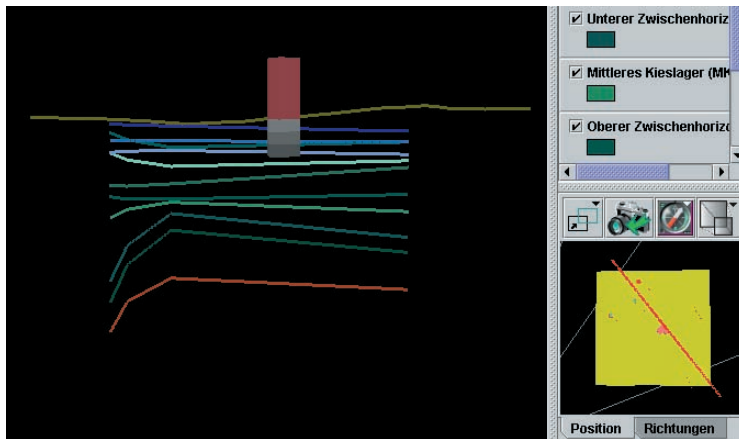


Abb. 15: Profildarstellung von GeoPro^{3D}

- Generierung von Querprofilen für Trassen-Objekte. Entlang des Verlaufs einer Trasse können im regelmäßigen Abstand, beginnend mit einem Trassenstützpunkt, Querprofile berechnet und visualisiert werden.

Beide Funktionen definieren die Lage des 2D-Profiles. An dieser Stelle wird für jede in der 3D-Szene dargestellte Schicht eine Profillinie berechnet. Die entsprechende Schicht wird aus der Szene ausgeblendet und die Profillinie wird eingeblendet. Objekte, die keine Schichtobjekte sind, aber auf der Profillinie liegen (also Gebäude, Trassen oder Bohrlöcher), bleiben in der Profilsicht erhalten. Die Position des erstellten Profils wird zusätzlich im Übersichtsfenster als rote Markierungslinie angezeigt. Abb.15 zeigt ein fertig berechnetes 2D-Profil.

5 Fazit

Mit Hilfe von GeoPro^{3D}, einer fachlich speziellen 3D-Anwendung im Umwelt-Informationssystem Baden-Württemberg zur Analyse der Grundwassersituation in Baustellenbereichen, wurden die Grundlagen für die Entwicklung weiterer 3D-Anwendungen geschaffen. Die Basis für solche Anwendungen ist der 3D-Service, welcher grundsätzliche Funktionen für die Erstellung von 3D-GIS-Visualisierungen enthält.

Ergänzt wird der 3D-Service durch den Height-Service, der die häufig benötigte Integration von digitalen Geländemodellen in die Anwendung ermöglicht.

6 Literatur

- BILL, R., 1999: Grundlagen der Geo-Informationssysteme. – Bd. 1, Herbert Wichmann Verlag, Heideberg.
- HILBRING, D., 2002: 3D-Grundwasseranalyse von Bauvorhaben mittels GeoPro 3D. – In: PILLMANN, W. & TOCHTERMANN, K. (Eds.): Environmental Communication in the Information Society. – Proceedings of the 16th International Conference Informatics for Environmental Protection; IGU/ISEP Internationale Gesellschaft für Umweltschutz, Vienna, Austria, Bd. 2: 94–101.
- HOFMANN, C., HILBRING, D., VESZELKA, Zs. & WIESEL, J., 2000: GISterm – Weiterentwicklung des flexiblen Frameworks zur Analyse und Visualisierung von raumbezogenen Daten in Projekt AJA. – In: MAYER-FÖLL, R., KEITEL, A. & JAESCHKE, A. (Hrsg.): Anwendung JAVA-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung, Phase I 2000. – Wissenschaftliche Berichte FZKA 6565: 147–169, Forschungszentrum Karlsruhe.
- HOFMANN, C., OTTERSTÄTTER, A., BRIESEN, M., HOWIND, N., LUKACS, G. & SIEROUX, S., 2002: disy Cadenza – Weiterentwicklung der technischen Plattform für UIS-Berichts- und Auswertesysteme bei Bund und Ländern in Projekt AJA. – In: MAYER-FÖLL, R., KEITEL, A. & GEI-

- GER, W. (Hrsg.): Anwendung JAVA-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung, Phase III 2002. – Wissenschaftliche Berichte FZKA 6777: 57–79, Forschungszentrum Karlsruhe.
- SCHMID, H., SCHMIEDER, M., SCHREIBER, U. & USLÄNDER, T., 2000: Weiterentwicklung der Entwicklungsumgebung WAABIS am Beispiel der Fachanwendung Grundwasser in Projekt AJA. – In: MAYER-FÖLL, R., KEITEL, A., JAESCHKE, A. (Hrsg.): Anwendung JAVA-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung, Phase I 2000. – Wissenschaftliche Berichte FZKA 6565: 85–107, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Sun Microsystems, 2003 [1]: Java 3D API – Java 3D, [http://java.sun.com/products/java-media/3D/Sun Microsystems](http://java.sun.com/products/java-media/3D/Sun%20Microsystems), 2003 [2]: The Java 3D API Collateral – Java 3D Tutorial updated, Chapter 4, <http://java.sun.com/products/java-media/3D/collateral>
- UIS, 2003: Das Umweltinformationssystem Baden-Württemberg – Moderne Informationstechnik im Dienste der Umwelt, <http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lf/uis/info>
- Anschrift der Autoren:
- Dipl.-Ing. DÉSIRÉE HILBRING
e-mail: hilbring@ipf.uni-karlsruhe.de
Tel.: 0721–608 36 76
- Dr.-Ing. JOACHIM WIESEL
e-mail: wiesel@ipf.uni-karlsruhe.de
beide: Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Universität Karlsruhe
Englerstraße 7, D-76128 Karlsruhe
<http://www.ipf.uni-karlsruhe.de>
- Dipl.-Ing. BURKHARD SCHNEIDER
e-mail: Burkhard.Schneider@lfuka.lfu.bwl.de;
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)
Bannwaldallee 24, D-76157 Karlsruhe
<http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de>
- Manuskript eingereicht: Juli 2003
Angenommen: August 2003