



geoinformation.net

Projektpartner: Westfälische Wilhelms-
Universität Münster -
Institut für Geoinformatik
Datum: 03.07.2003

Lerneinheit 3: „Grundlagen der Geovisualisierung“

Einleitung

Neben der Dreidimensionalität des Darstellungsraums sind der Bezug des Dargestellten zu Lokalitäten auf der Erdoberfläche sowie die Verknüpfung mit thematischen Sachverhalten als wesentliche Merkmale der 3D-Geovisualisierung zu nennen. Das Ziel der dritten Lerneinheit besteht darin, dem Lernenden ebendiese Charakteristika der 3D-Geovisualisierung und die damit einhergehenden Konsequenzen, die sich in den Konzepten der verwendeten Werkzeuge niederschlagen, zu vermitteln.

Inhalt

Lerneinheit 3: „Grundlagen der Geovisualisierung“	1
Merkmale der 3D-Geovisualisierung	3
Das Relief als Bezugsfläche	6
Projektion von Information auf das Relief	8
Navigation und Orientierung in Georäumen	12
Literatur	13

Merkmale der 3D-Geovisualisierung

In Lerneinheit 1 unter „Definition der 3D-Geovisualisierung und Visualisierungszwecke“ wurden bereits zwei Merkmale genannt, durch welche sich die 3D-Geovisualisierung von allgemeinen Visualisierungen unterscheidet:

- der dreidimensionale Darstellungsraum
- die georeferenzierte Darstellung

Daneben zeichnen sich 3D-Geovisualisierungen dadurch aus, dass zumeist eine Darstellung der Erdoberfläche (Relief) als zentrales Visualisierungsobjekt fungiert. Dieses spezielle Visualisierungsobjekt soll im Weiteren kurz als Relief bezeichnet werden. Die Relief-Visualisierung ist Beschäftigungsgegenstand des Abschnitts „Das Relief als Bezugsfläche“.

Darüber hinaus sind unter anderem die folgenden Merkmale zu nennen:

- Berücksichtigung thematischer Information, und damit einhergehend unter anderem
- die Möglichkeit der Nutzung des Reliefs für die Darstellung thematischer Information
- die kartografische Umsetzung in Farben und Symbole
- GIS-Anbindung (Lesen von Geobjekten, Zurückschreiben editierter Geometrien und/oder thematischer Attribute, Aufruf von GIS-Analysemethoden etc.)
- Horizontale als Bezugsebene/ Einfluss der Gravitation:
Für den Großteil der durch den Anwender durchgeführten Interaktionen dient die Horizontale (xy-Ebene) als Bezugsebene. So sollte sich beispielsweise die Kamera bei Betrachtung der visualisierten Sachverhalte nicht zur Seite neigen (eine Ausnahme stellt zum Beispiel das schnelle immersive Durchreisen dar) oder auf den Kopf stellen. Das heißt, die horizontalen Seiten des Sichtstumpfes (Abschnitt 2.4) liegen stets parallel zur xy-Ebene. Die vertikale Orientierung (Up-Vektor der Kamera) ist nicht notwendigerweise parallel zur z-Achse, wohl aber ist sie stets nach oben gerichtet (d. h., der Betrachter "steht nicht Kopf").
Begründen lässt sich dieser Sachverhalt durch das natürliche Vorhandensein der Gravitation, welche unsere tägliche Erfahrung prägt und sich im Systemverhalten widerspiegeln sollte.
Dementsprechend sind viele Anwendungsobjekte horizontal oder senkrecht zur Horizontalen ausgerichtet. Dies kann sowohl die Geometrien von Geobjekten betreffen (zum Beispiel Masten, Bäume, Mauerwerk, Wasseroberflächen) als auch die von kartografischen Elementen (zum Beispiel Markierungen oder Textelemente) oder Interaktionsobjekten.
- variierende Abstraktionsgrade (Fotorealismus vs. abstrakte Darstellung)
- variierende psychologische Räume

Psychologische Räume nach MONTELLO (1973) und deren Bedeutung für die 3D-Geovisualisierung

Der Darstellungsmaßstab ist für die Wahrnehmung durch den Betrachter und die Art und Weise, in welcher der Anwender mit dem Dargestellten interagiert, von besonderer Bedeutung. Die Eigenschaften des Raumes, in dem der Anwender operiert, stehen in enger Verbindung mit den bereitzustellenden Navigationswerkzeugen und Interaktionsobjekten.

- Eine mögliche Klassifikation psychologischer Räume basiert auf der "projektiven" Größe der wahrgenommenen Räume relativ zum Körper des menschlichen Betrachters (MONTELLO 1993):

Figuraler Raum ist projektiv kleiner als der Körper des Betrachters. Seine Eigenschaften können vom Betrachter direkt wahrgenommen werden, wobei dieser die eingenommene Betrachterposition nicht oder nur in sehr geringem Maße ändern muss. Eine Unterteilung in bildhafte Räume und Objekträume ist möglich. Erstere werden planar, letztere dreidimensional wahrgenommen.

- Vista-Raum ist projektiv so groß wie der Körper des Betrachters oder größer, wobei zu dessen Erfassung weiterhin keine Änderung der Betrachterposition nötig ist. Beispiel: Semi-immersive Workbench-Umgebung



Abbildung 1: Workbench-Umgebung

- Umgebungsraum ist projektiv größer als der Körper und umgibt diesen. Ohne eine Bewegung im Raum lassen sich derartige Räume nicht mehr erfassen.



Abbildung 2: Cave (<http://www.tan.de/>)

- Geografischer Raum schließlich ist projektiv sehr viel größer als der Körper und kann auch durch eine Bewegung im Raum nicht mehr in seiner Gesamtheit erfasst werden. Hier sind zumeist symbolische, kartografische Darstellungen erforderlich, welche den Raum auf einen figuralen Raum reduzieren.

In Standard-Desktop-Umgebungen mit klassischem (2D-) Monitor werden zumeist figurale Objekträume, Vista- und Umgebungsräume unterstützt. Bildhafte und geografische Räume sind für die 3D-Geovisualisierung von sekundärer Bedeutung; zum Beispiel werden sie in Über-sichtsfenstern genutzt.

Abhängig vom psychologischen Raum kann eine unterschiedliche Umsetzung der Kamerasteuerung sinnvoll sein. In figuralen Objekträumen wird der Anwender dazu neigen, die Visualisierungsobjekte im Darstellungsraum zu bewegen, um sie aus einer bestimmten Perspektive zu betrachten ("scene in hand"-Metapher).

In Umgebungsräumen mit projektiv größeren Visualisierungsobjekten wird der Betrachter selbst seinen Standort ändern. Drehung eines Visualisierungsobjektes bei fixem Ansichtspunkt und Bewegung der Kamera bzw. des Ansichtspunkts um ein fixes Visualisierungsobjekt lassen sich durch die Einführung eines relativen Koordinatensystems technisch einheitlich handhaben. Wesentlich ist, dass in beiden Fällen dem Ansichtspunkt stets Geokoordinaten zugeordnet sind.

Das Relief als Bezugsfläche

Unabhängig von der mit dem Systemeinsatz verfolgten Zielsetzung ist eine 3D-Darstellung der Erdoberfläche (Relief) zumeist unabdingbar. Statt des Relief-Begriffs sind in der Literatur auch abweichende Bezeichnungen wie zum Beispiel "3D-Topographie", die englische Bezeichnung "Terrain" oder einfach "Geländemodell" oder "Oberfläche" zu finden.

Darstellung des Reliefs

Der Oberflächenbeschreibung liegt dabei in der Regel ein sogenanntes Digitales Geländemodell (DGM) zugrunde. Die Darstellung kann basierend auf Dreiecks- oder Vierecksnetzen erfolgen. Abbildung 3 zeigt ein einfaches DGM in Gitter- und TIN-Repräsentation.

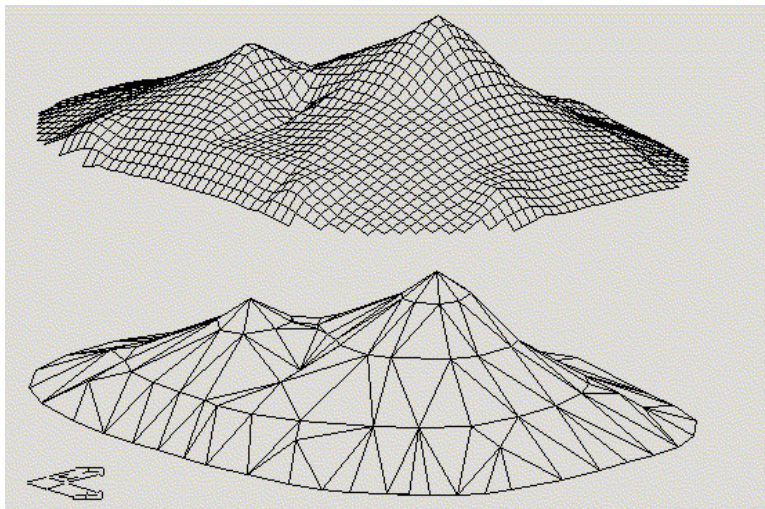


Abbildung 3: Gitter- und TIN-Repräsentation

Zur Aufrechterhaltung der Echtzeit-Eigenschaft ist ein Einsatz von Level-of-Detail-Techniken häufig unentbehrlich.

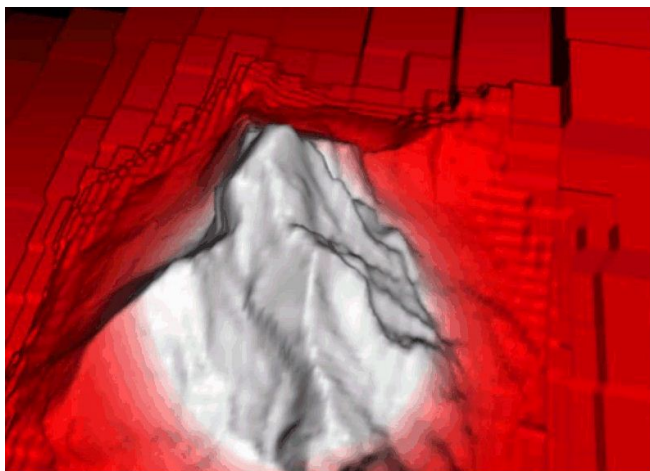


Abbildung 4: Level-Of-Detail-Technik am Beispiel des Matterhorns (Computer Graphics Research Group der ETH Zürich)

Level-of-Detail-Techniken ermöglichen abhängig vom Abstand des Betrachters bzw. der Kamera von einem Objekt die Darstellung in unterschiedlichen Detaillierungsgraden.

Um die Höhenverhältnisse in der 3D-Darstellung der Erdoberfläche (Relief) besser erkennbar zu machen, bieten nahezu alle 3D-Geovisualisierungs-Systeme die Möglichkeit einer vertikal überhöhten Darstellung. Praktisch bedeutet dies allerdings nicht die einfache Multiplikation der Höhendaten des Geländemodells mit einem Höhenmaßstabsfaktor, sondern eine vertikale Streckung des dem jeweiligen Ansichtsfenster zugrunde liegenden Koordinatensystems.

Bemerkungen zum Überhöhungsproblem

Um die Höhenverhältnisse in 3D-Darstellungen besser erkennbar zu machen, bieten die meisten 3D-Geovisualisierungssysteme die Möglichkeit einer vertikal überhöhten Darstellung. Praktisch bedeutet dies allerdings nicht die einfache Multiplikation der Höhendaten des Geländemodells mit einem Höhenmaßstabsfaktor c , sondern eine vertikale Streckung des dem jeweiligen Ansichtsfenster zugrunde liegenden Koordinatensystems.

Symbole und Geobjekt-Geometrien sind im Rahmen der Überhöhungsaufgabe unterschiedlich handzuhaben. Geometrien werden in der Vertikalen mit dem Faktor c multipliziert, die Skalierung kartografischer Ausgestaltungselemente wie Symbole, Beschriftungen etc. ist unabhängig vom eingestellten Überhöhungsfaktor (vergleiche kartografische Prinzipien der ortsgebundenen Zeichen und der raumproportionalen Änderung von Signaturen; HAKE & GRÜNREICH 1994). Richtungsangaben (für gerichtete Lichtquellen, die Blickrichtung der Kamera, etc.) sind durch die Änderung des Überhöhungsfaktors entsprechend anzupassen.

Beispiel: Abbildung 5 zeigt links eine unüberhöhte Darstellung ($c = 1$).

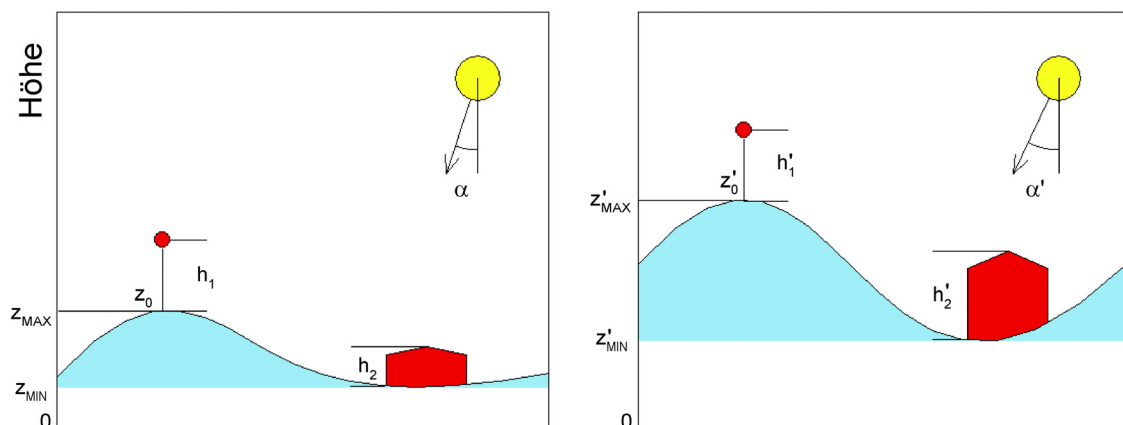


Abbildung 5: Überhöhungsmodell

In der überhöhten Darstellung rechts sind die Geländehöhen z mit dem Überhöhungsfaktor c multipliziert worden, das heißt, die überhöhten Werte ergeben sich zu $z' = c \cdot z$. Der Überhöhungsfaktor wird auf alle Geobjekt-Geometrien angewendet, so dass sich im Beispiel auch eine neue Gebäudehöhe $h_2' = c \cdot h_2$ ergibt.

Die Einfügehöhe der symbolischen Markierungsnadel wird ebenfalls transformiert ($z_0' = c \cdot z_0$), die Größenverhältnisse hingegen bleiben konstant. Das heißt die kugelförmige Nadelspitze wird nicht in eine Ellipse transformiert, für die Symbolgröße soll $h_1' = h_1$ gelten. Für den Winkel α' der gerichteten Lichtquelle gilt: $\alpha' = \arctan(1/c \cdot \tan \alpha)$.

Bemerkung: In Szenengraph-basierten Entwicklungsumgebungen lässt sich das Überhöhungsproblem durch eine geeignete Organisation des Szenengraphen lösen. Den Shapes für die Geobjekt-Geometrien wird ein einheitlicher, jeweils für ein Ansichtsfenster gültiger Skalierungsknoten vorgeschaltet, der eine Multiplikation der Höhenkoordinate bewirkt. Eine Änderung des Überhöhungsfaktors c wirkt sich auf alle nachfolgenden Geometrie-Knoten aus, so dass die topologischen Beziehungen erhalten bleiben.

Projektion von Information auf das Relief

Auf die Erdoberfläche beziehbare Daten lassen sich zur Einfärbung oder Texturierung des Reliefs verwenden. Die Geometrie des Relief-Visualisierungsobjekts bleibt dabei weitgehend erhalten, lediglich ergänzt werden zumeist Farb- und/oder Texturinformationen. Die folgenden Beispiele sollen diese Möglichkeit demonstrieren:

Hypsometrische Einfärbung: Häufig wird das Relief unter Verwendung einer entsprechenden Farbzunordnungsrichtlinie in Abhängigkeit von der Geländehöhe eingefärbt. Die Einfärbung des Reliefs erfolgt zumeist in den Stützpunkten des zugrunde liegenden Geländemodells, das beispielsweise als Dreiecksnetz (TIN) oder Gitter vorliegen kann. Zwischen diesen Stützpunkten erfolgt eine Interpolation der Farbwerte. Die Abbildung zeigt ein Geländemodell des El-Kala-Nationalparks in Algerien.

"Image Drape": Zur Texturierung lassen sich Bitmaps wie gescannte Topographische Karten, Luftbilder oder Satellitenbilder (sogenanntes "image draping") verwenden. Es ist zu beachten, dass hierfür eine Georeferenzierung der Bilddaten nötig ist. Häufig sind die Bilddaten auf den vom Relief eingenommenen Raumausschnitt zuzuschneiden. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Daten parallel zur xy-Ebene auf das Relief zu projizieren sind.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Projektion topografischer und thematischer Karten auf das Relief des El-Kala-Nationalparks.



Abbildung 6: Drape der topographischen Karte auf das Relief

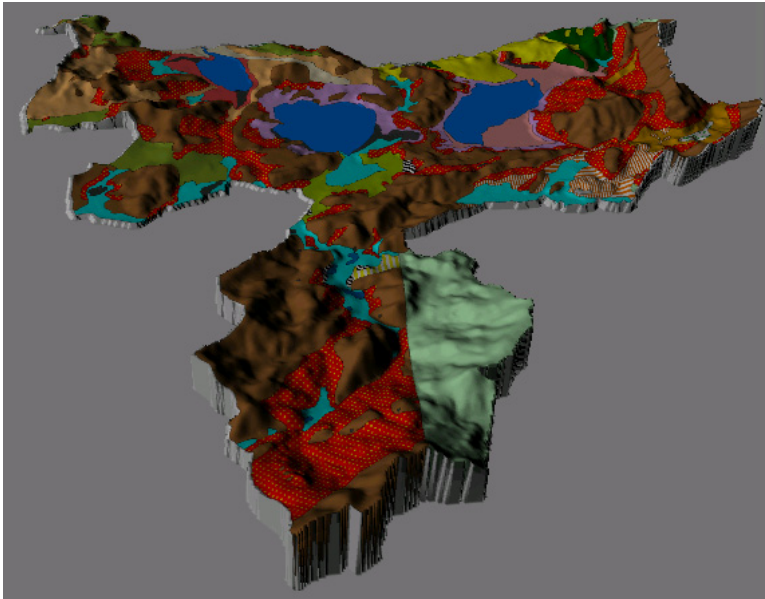


Abbildung 7: Drape der geologischen Karte auf das Relief

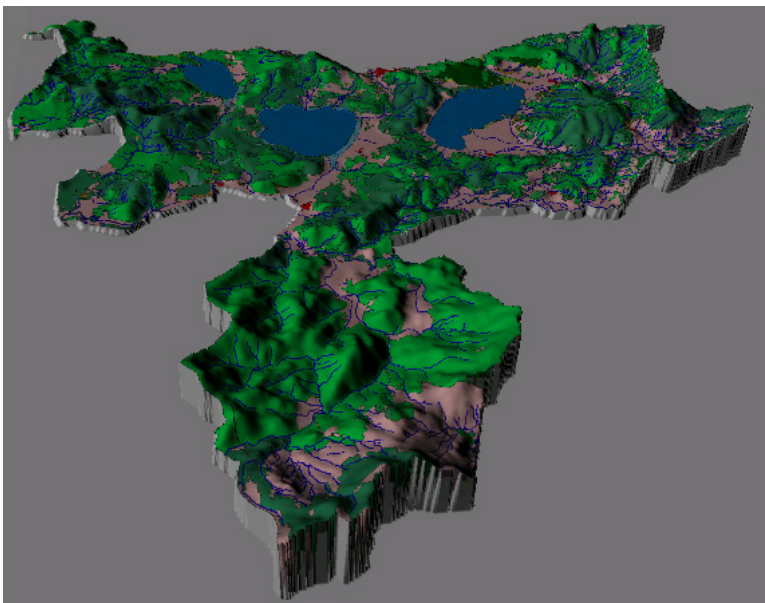


Abbildung 8: Drape der Karte zur potenziellen natürlichen Vegetation auf das Relief

Multi-Texturing-Techniken zur Darstellung thematischer Information: Moderne Texturierungstechniken ermöglichen eine Hardware-unterstützte Kombination mehrerer Textur-Ebenen (zum Beispiel durch "Mischung" oder "Texturlinsen") oder zur visuellen Simulation von Unebenheiten im Gelände bei vereinfachter Relief-Darstellung einsetzen ("bump mapping").



Abbildung 9: Kombination von Texture-Ebenen (Hasso-Plattner-Institut, Potsdam)

Weiterhin lassen sich vektoriell vorliegende Geoobjekte auf dem Relief positionieren bzw. darauf projizieren. Als Beispiele seien genannt:

- Positionierung von Bauwerken: Bei den zu positionierenden Objekten kann es sich um dreidimensionale Objekte ohne Angabe einer Einfügehöhe handeln, durch welche Bauwerk- Geometrien beschrieben werden. Beispielhaft sei eine aus einer CAD-Umgebung stammende Gebäudebeschreibung, dessen Geschoss- und Dachhöhen zwar spezifiziert sind, die Angabe eines Höhenwertes für die Grundfläche jedoch fehlt. In diesem Fall ist das Objekt auf die entsprechende Höhe anzuheben und gegebenenfalls mit einem Sockel zu versehen, so dass es nicht teilweise in der Luft schwebt.

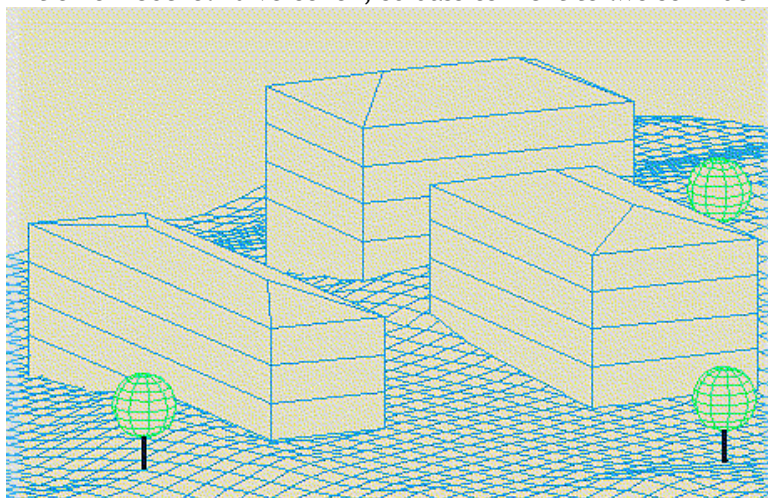


Abbildung 10: Bauwerk-Positionierung

- **Positionierung von Symbolen:** Zur Positionierung von Bauwerken aus technischer Sicht sehr ähnlich ist die Positionierung punktbezogener Symbole auf dem Relief. Als weitere Beispiele in der Domäne häufig verarbeiteter 3D-Objekte (die sich nicht notwendigerweise oberhalb der Erdoberfläche befinden müssen, sondern sich auch darunter befinden können) seien exemplarisch Türme, Masten, Bohrprofile, Bäume, Sträucher, Brücken, Staudämme, Tunnel und Windkraftanlagen genannt.

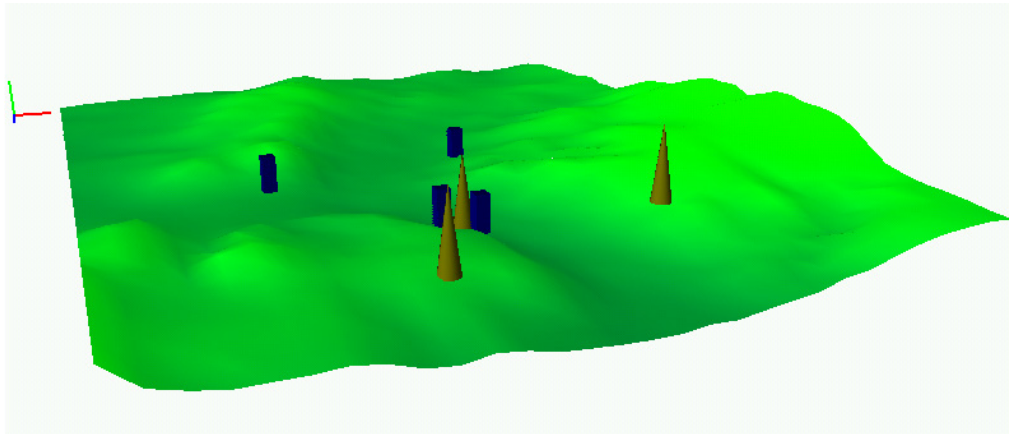


Abbildung 11: Symbol-Positionierung

- **Projektion linienhafter Objekte:** Beispielhaft seien linienhaft modellierte Straßenzüge, Flurstücksgrenzen, Gebäude-Grundrisse mit fehlender Höhenangabe und Versorgungsleitungen genannt. In diesem Fall sind die jeweiligen Objekte unmittelbar auf das Relief zu projizieren.
- **Anhebung des Reliefs in Abhängigkeit von planar vorliegender Geoinformation:** Das rechtstehende Beispiel zeigt, wie thematische Information über die Landnutzung verwendet wird, um das Relief höhenmäßig anzuheben. So wird im Beispiel für die rot dargestellten bebauten Flächen ein anderer Offset verwendet als für die grün dargestellten Waldgebiete. Wasserflächen und landwirtschaftliche Nutzflächen hingegen bleiben unverändert.

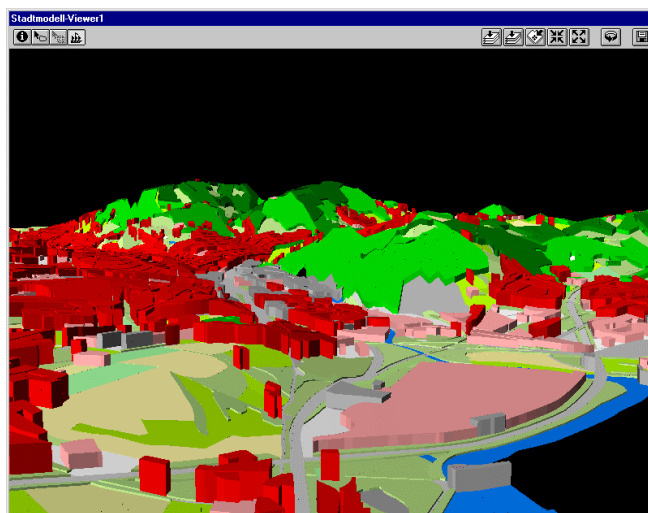


Abbildung 12: Relief-Anhebung durch Extrudieren der Landnutzung

Navigation und Orientierung in Georäumen

Kamerasteuerung

In den Programmen werden (je nach Zweck) verschiedene Modi zur Änderung der Kameraeinstellungen bereitgestellt. Als Interaktions-Metaphern werden in Anwendungen mit Echtzeit-Rendering neben einem Examine-Modus zumeist ein Walk-through- oder Fly-by-Modus (beziehungsweise Drive-through, Tunnel-under etc.) sowie Zoom- und Pan-Funktionen angeboten. Walk-through und Fly-by operieren dabei oft auf Grundlage eines Gelände-folgenden Koordinatensystems (nahe der Geländeroberfläche Höhenangaben über Grund und Richtungsangaben an Geländeoberfläche angepasst, in hohen Lagen zunehmende Orografie-Unabhängigkeit).

In Desktop-Umgebungen erfolgt die räumliche Navigation zumeist auf Grundlage intuitiver Maus-basierter Steuerungen im aktuellen 3D-Ansichtsfenster. Für viele Anwendungsfälle ist darüber hinaus die direkte Manipulation der Kamera in einem Übersichtsfenster von Nutzen. In VR-Umgebungen wird die Betrachterposition über Tracking-Systeme erfasst. Für nicht-echtzeitfähige Renderer erfolgt die Einstellung der Kameraparameter häufig über Dialogboxen.

Zeitliche Navigation

Neben der räumlichen Navigation sind gegebenenfalls auch zeitliche Navigationswerkzeuge umzusetzen (zum Beispiel durch Zeitsteuerungskonsolen oder andere Elemente).

Literatur

- (1) Hearnshaw, H. M. & D. J. Unwin, eds. (1994): Visualization in Geographical Information Systems. Chichester: Wiley.
- (2) Computers & Geosciences, Vol. 26, No. 2, special issue "Geoscientific Visualization", Elsevier Science.