

Rainer DUTTMANN, Kiel
Rolf GABLER-MIECK, Kiel

Dreidimensionale Landschaftsvisualisierung

Summary

3D-Landscape visualizations are increasingly used in spatial sciences and planning. Currently available visualization tools enable the creation of highly realistic representations of landscapes based on geodata such as digital elevation models, aerial photographs or remote sensing data. However, in contrast to traditional 2D-representations photorealistic 3D-landscape visualizations offer a higher degree of visual clarity. Thus they can contribute to a better understanding of spatial structures and processes and promote visual thinking. Photorealistic landscape visualizations can be generated with the means of pure landscape rendering systems which usually do not support interactivity or with the use of real-time-visualization environments. This paper presents selected examples of 3D- and 4D-landscape visualizations and discusses properties and applications of a 3D-real-time-visualization environment, developed at the Department of Physical Geography of the CAU Kiel.

1 Einleitung

Die rasanten Fortschritte auf dem Gebiet der Computerhardware einerseits und die Entwicklung leistungsfähiger multimedialer Visualisierungs-, Animations- und Präsentationssysteme andererseits, haben in den raumbezogenen Wissenschaften einen Paradigmenwechsel in Bezug auf die Darstellung räumlicher Objekte und Phänomene eingeleitet. Im Unterschied zu dem lange Zeit geltenden Prinzip, Ausschnitte der realen Welt durch ein hohes Maß an Abstraktion in einer Karte als dem zentralen Darstellungsmedium für geo-räumliche Information abzubilden, zielen heutige Ansätze darauf ab, durch die Kombination unterschiedlicher Medien zu einer realitätsnäheren Wiedergabe erdräumlicher Gegebenheiten und Prozesse zu gelangen (PETERSON 1999). Begriffe wie „Multimedia-Kartographie“, „Geo-Multimedia“, „Geo-Visualisierung“, „3D- maps“, „Hypermaps“ und „Web-Mapping“ seien hier nur stellvertretend für den seit etwa 20 Jahren beobachtbaren Trend angeführt, „die Karte“ mit multimedialen Fähigkeiten auszustatten bzw. in ein multimediales Umfeld einzubetten. (Abb. 1) Durch die Verknüpfung der Karte mit anderen Darstellungsformen (u.a. Animation, Video, Text, Ton, Foto, Graphik) in Multimediaumgebungen lassen sich die Nachteile herkömmlicher Karten überwinden. Als solche gelten nicht nur die vergleichsweise geringe Anschaulichkeit und die mangelnde Fähigkeit, räumliche und zeitliche Veränderungen adäquat

wiedergeben, sondern auch ihre thematische Limitiertheit und die ausschließlich über den visuellen Kanal erfolgende Informationsvermittlung (BUZIEK 2000). Informationstransfer und Wissensaufnahme lassen sich durch den Einsatz multimedialer Darstellungsformen deutlich verbessern (PETERSON 1999).

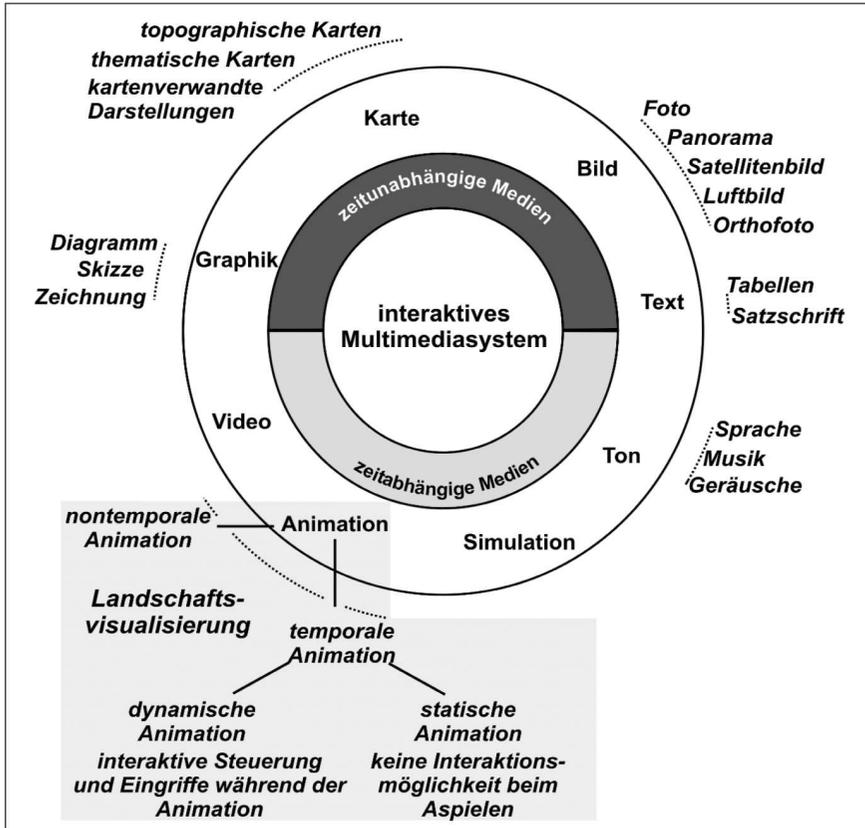


Abb. 1: Die Landschaftsvisualisierung als Bestandteil (geo-)multimedialer Informations- und Präsentationssysteme (= Abb. 2-1 auf der CD)

Entscheidend hierfür ist eine sinnvolle Kombination geeigneter Medien in multimedialen Informations- und Präsentationsumgebungen und die Fähigkeit dieser Systeme zu Interaktion. So kommt eine Vielzahl an Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass sowohl die Verknüpfung von bewegten Bildern mit textlicher oder verbaler Information als auch die Interaktivität entsprechender Multimediaumgebungen zu einer verbesserten Perzeption des dargebotenen Inhaltes und zu erhöhten Gedächtnisleistungen beiträgt (HAPESHI u. JONES 1992; MARMIE u. HEALY 1995 und FENDRICH u.a. 1995, zit. in PETERSON 1999, 37).

Ein aus geographischer Sicht wesentlicher Bestandteil (geo-)multimedialer Präsentations- und Lernsysteme ist die Visualisierung von Landschaften und Landschaftsprozessen. Anhand der Landschaftsrendering-Programme „Terragen“

(Planetside Software UK), „Visual Nature Studio – VNS“ (3D Nature) und der am Lehrstuhl für Physische Geographie – Landschaftsökologie und Geoinformation der CAU Kiel entwickelten, interaktiven Echtzeit-Visualisierungsgebung „a3Dc“ sollen im Folgenden Anwendungsmöglichkeiten, Limitierungen und Perspektiven der drei- und vierdimensionalen Landschaftsvisualisierung diskutiert werden.

2 Techniken der Landschaftsvisualisierung

Die dreidimensionale Landschaftsvisualisierung zählt seit jeher zu den zentralen Darstellungsformen in der Geographie und in den benachbarten Disziplinen mit Raumbezug. Aufgrund ihrer im Vergleich zur zweidimensionalen Kartendarstellung höheren Anschaulichkeit wurden in der Vergangenheit analog erstellte Grundriss-Schrägbilder, zentralperspektivische (stereoskopisch) Karten (Anaglyphenkarten), Blockbilder, Panoramen und physische Landschaftsmodelle (Dioramen) eingesetzt, um komplexe erdräumliche Gegebenheiten und Phänomene in einer dem Betrachter leichter zugänglichen Weise zu vermitteln. Diese Darstellungen ließen bzw. lassen sich allerdings nur unter hohem zeitlichem Aufwand erzeugen. Sie sind zudem statischer Natur und somit nicht geeignet, sequenzielle Phänomene wie prozessuale Abläufe (z.B. Überflutungsereignisse) und Veränderungen in der betrachteten Landschaft (z.B. Vegetationssukzessionen) wiederzugeben. Darüber hinaus bilden sie bereits bekannte Zusammenhänge ab und sind deshalb nur bedingt für weiterführende Analysen geeignet. Dies gilt allerdings zumeist auch für aufgezeichnete, d.h. für nicht-interaktive Animationen.

Mit der in den letzten Jahren sprunghaft gestiegenen Verfügbarkeit hochauflösender Geodaten, wie digitalen Geländemodellen, digitalen topographischen Daten, Orthofotos und Satellitenbilddaten sowie den mittlerweile erreichten Rechnerleistungen und der Entwicklung leistungsstarker Visualisierungssysteme, sind heute realitätsnahe, fotorealistische, dreidimensionale Landschaftsdarstellungen möglich. Zu diesem Zwecke werden Landschaftsrendering-Programme eingesetzt, mit denen nach Festlegung entsprechender Kamera- und Zielpositionen sowohl Einzelaufnahmen für einzelne Ausschnitte der betrachteten (digitalen) Landschaft oder Sequenzen von Einzelbildern generiert werden können, die einem zuvor definierten Kamerapfad (Pfadanimation) folgen.

„Rendering“ beschreibt dabei den Prozess zur Generierung einzelner Bilder aus einem dreidimensionalen Datenraum.

Durch Aneinanderreihung der gerenderten Einzelbilder lässt sich die Bildfolge in eine („aufgezeichnete“) Animation überführen (Abb. 2).

Im Unterschied zu aufgezeichneten Animationen, die in ihrem Ablauf festgelegt sind und dem Betrachter während des Abspielens keine Möglichkeit zur Interaktion bieten, erlauben Echtzeitanimationen durch freies Navigieren ein „Erkunden“ der virtuellen Landschaft (z.B. durch Veränderung der Betrachter- und Zielposition [Bildhauptpunkt]). Ausführliche Darstellungen über die für 3D-Landschaftsvisualisierungen gebräuchlichen Animationsmethoden finden sich u.a. bei SHEPPARD u.a. (2004), BUHMANN u.a. (2002), ERVIN (2001), ERVIN u. HASBROUCK (2001), HERRMANN u. ASCHE (2001), BUZIEK u.a. (2000).

Der Wert einer „reinen“ Landschaftsdarstellung in 3D oder 4D ist allerdings begrenzt, wenn neben der visuellen Präsentation keine weiteren Analyse- und



Abb. 2: Bildsequenz einer Animation (= Abb. 2-2 auf der CD)

Interaktionsformen gegeben sind. Mit dem Ziel, durch entsprechende Interaktionsfunktionen den analytischen Wert von Visualisierungs-umgebungen zu erhöhen, werden 3D-Echtzeit-Visualisiersysteme in zunehmendem Maße mit entsprechenden Analysefunktionen (z.B. Volumenberechnung, Reliefmodellierung, Erzeugung von Profilschnitten, Sichtbarkeitsanalyse) und Interaktionsfunktionen (z.B. Einfügen, Verschieben, Entfernen, Verändern von Objekten, Verändern von Ansichtsparametern, Abfrage thematischer und geometrischer Attribute) ausgestattet.

Diese Entwicklung trifft auch für zahlreiche GIS-Produkte und GIS-Zusatzprogramme (z.B. ArcView 3D-Analyst, ArcScene (ESRI), Imagine VirtualGIS (ERDAS), Geomedia Terrain (Intergraph) (vgl. ZLATANOVA u.a. 2002) und GRASS GIS (www.grass.itc.it) zu. Neben der Fähigkeit zur 3D-Visualisierung sind sie in mehr oder minder hohem Umfange mit 3D-Analysefunktionen ausgestattet. Allerdings genügen die vorhandenen GIS-Produkte nach JÜNEMANN u.a. (2001, 203) zumeist „nicht den ästhetischen Ansprüchen von Akteuren an realitätsnahe Landschaftsvisualisierungen und bieten nur unzureichende Unterstützung von 3D/4D“ an. Verglichen mit 3D-CAD-Softwaresystemen wie 3D Studio Max (AUTODESK) oder ArchiCAD (GRAPHISOFT) und 3D-Landschaftsvisualisiersystemen wie dem Visual Nature Studio (VNS), dem World Construction Set (WCS) (3D NATURE) oder dem Virtuell Terrain Project (www.VTerrain.org) stellen die mit Geographischen Informationssystemen erreichbaren Visualisierungsergebnisse derzeit noch keine tatsächliche Alternative für eine wirklichkeitsnahe, d.h. fotorealistische Landschaftsabbildung dar. Für derartige Ansprüche werden die in GIS präprozessierten 2D- und 3D-Daten/Objekte einschließlich ihrer Georeferenzen und Attributierungen zumeist exportiert, um anschließend in entsprechenden 3D-Visualisierungs-umgebungen weiterverarbeitet zu werden (vgl. COORS u. ZIPF 2005; LANGE 2001a und 2001b). Einen Überblick über die Vielzahl derzeit existierender und für Zwecke der 3D-Landschaftsvisualisierung einsetzbarer Softwareprodukte gibt das US Army Topographic Engineering Center (www.tec.army.mil/TD/tvd/survey; vgl. FUHRMANN u.a. 2001). Eine Auswahl an Softwareprodukten zur 3D-Landschaftsvisualisierung und ihrer Funktionen ist in Tab. 1 dargestellt (auch Kap. 6.2.1 dieses Beitrags).

	WCS 6	VNS 2.5	Terragen 0.9.19	Terragen 0.9.42	Forester (POV-Rav)	ArcGIS 9 /ArcScene	VTP	3Dc	
Bedienung/Einarbeitungszeit	-	-	++	++	-	+	-	-	
Hochsprachenanschluss	n	n	n	n	-	++	n*	++	
Skriptsprache	n	n	-	-	-	++	n	n	
Import von Vektordaten (2D+3D)	++	++	n	n	--	0	+	+	
Import von Sachdaten	n	++	n	n	n	++	+	+	
Karten Projektionen	n	++	n	n	n	++	++	n	
Datenbankanbindungen (Sachdaten)	n	0**	n	n	n	++	n	n**	
Datenbankanbindungen (Geometrien)	0**	0**	n	n	n	++	n	n**	
Layerstruktur	0	0	n	n	+	++	+	++	
Rasterdaten Import	++	++	0*	0*	0	++	+	+	
Gruppenbildung zur Massenbearbeitung	+	+	n	n	n	0	+	++	
3D Realtime Betrachtung	+/**	+/**	-*	+	0	+	++	++	
Sachdatenabfrage	n	+	n	n	n	++	n	+	
Vektororientierte Verteilung von Geoobjekten	++	++	n	n	n	+	0	+	
Positionierung von Einzelobjekten	++	++	n	n	0	+	+	++	
Animation von „Geoobjekten“	++	++	n	n	n	n	n	++	
Geometrie-Morphing	0	0	0	0	n	n	n	n***	
Konstruktionsmöglichkeiten von Geoobjekten	-	-	n	n	n	--	0	n	
3D Text	+	+	n	n	?	0	n	++	
Profil- Modellschnitte	+	+	n	n	n	+	n	n***	
Vektororientierte Vergabe von Texturen	++	++	n	n	n	0	0	0	
Bump-Mapping	++	++	+	+	0	n	0	n	
Billboard-Unterstützung	++	++	n	n	n	0	+	++	
Verteilung von Massenobjekten	++	++	n	n	n	n	0	0	
Überlappungsbereiche von Texturen definierbar	++	++	++	++	n	n	n	n	
Prozedurale Texturerzeugung	++	++	+	+	0	-	0	n	
Texturerzeugung mit Bitmaps	++	++	+	+	0	0	0	+	
Mipmapping ("Textur LOD")	++	++	n	n	?	n	?	++	
LOD	++	++	n	n	n	+	++	n***	
Generierung von Zufälligkeiten für Verteilungen	++	++	+	+	n	n	n	+	
Interaktionsmöglichkeiten im Endprodukt	n/+*	n/+*	n	n	n	n	++	++	
Stereosichten	+	+	0*	0*	n	n	n	n	
Volumenberechnung	n	n	n	n	n	n	+	n	n
Datenanalyse	-	-	n	n	n	++	n	n***	
Internet-/Intranetfähigkeit	n	n	n	n	n	n	n	++	
Microsoft	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Unix/Linux	☒	☒	☒	☒	☒	☒	✓	✓	
Mac OS	✓	✓	✓	✓	☒	☒	☒	✓	
Preis in Euro (Stand 06-2005)	~500	~2475	~100	~100	~35	~2500	0	n.a	

--	schlecht möglich	✓	wird unterstützt	+	gut umsetzbar	**	nur interne Datenbank/ Datenverwaltung
-	begrenzt möglich	☒	nicht unterstützt	++	sehr gut umsetzbar	***	in Planung
0	möglich	•	durch Zusatzsoftware/ Plugin lösbar	n	nicht möglich	?	keine Angaben

Tab. 1: Ausgewählte Softwaresysteme zur 3D-Landschaftsvisualisierung. In dieser Aufstellung nicht berücksichtigt sind 3D-CAD-Systeme, wie 3dsMax oder ArchCAD, die ebenfalls gut für Zwecke der Landschaftsvisualisierung einsetzbar sind.

3 Landschaftsvisualisierung – wozu?

Landschaftsvisualisierung ist ein Teilgebiet der „Geovisualisierung“, die sich seit den 1990er Jahren als neue Forschungsdisziplin zusehends in den raumbezogenen Wissenschaften etabliert. Folgt man der Definition von MACEACHREN u. KRAAK (2001), so integriert das interdisziplinäre Fachgebiet „Geovisualisierung“ „methodische und technische Ansätze aus ViSC (Visualization in Scientific Computing), der Kartographie, Bildverarbeitung, Informationsvisualisierung, explorativer Datenanalyse und Geographischer Informationssysteme mit dem Ziel, theoretische Ansätze, Methoden und Werkzeuge für die Exploration, Analyse, Synthese und Präsentation von Geodaten bereitzustellen“ (FUHRMANN u. KRAAK 2001, 173). Dementsprechend zielt auch die Landschaftsvisualisierung nach heutigem Verständnis nicht allein auf das realitätsnahe Darstellen (bekannter) Landschaftsstrukturen, -prozesse und -zusammenhänge zum Zwecke der Präsentation ab. Sie ist zudem auf die Gewinnung neuer Erkenntnisse ausgerichtet. Diese können beispielsweise aus der Analyse räumlicher Verteilungen, Muster und Entwicklungen in unzugänglichen Landschaften (Hochgebirge, Arktis, Regenwaldgebiete) resultieren (z.B. durch die Verknüpfung von spektralen Luftbild- und Satellitendaten und aus Stereodaten erzeugten Geländemodellen; s. BOLCH u. KAMP 2003), aus der Anwendung von Sichtbarkeitsanalysen im dreidimensionalen Darstellungsraum hervorgehen oder der Beobachtung reliefabhängiger Phänomene (z.B. tageszeitliche Besonnung und Beschattung, Sonnenscheindauer, Ausweisung von Überschwemmungsgebieten bei unterschiedlichen Hochwasserpegelständen) entspringen (vgl. HUBER u.a. 2003; BUZIEK 2000).

Aus Sicht der Geographie erscheint die 3D-Landschaftsvisualisierung für folgende Zwecke von besonderem Wert:

- Verbesserung des räumlichen Vorstellungsvermögens durch wirklichkeitsnahe dreidimensionale Darstellung von Landschaften, Landschaftsstrukturen und -prozessen (KÄÄB u.a. 2003),
- Veranschaulichung abstrakter zweidimensionaler Karteninformation durch eine realitätsnahe Abbildung von Landschaften und Landschaftsobjekten (Animationsbeispiel M-2-1, auf der beiliegenden CD),
- Entscheidungsunterstützung in der Planung durch die Visualisierung von geplanten Eingriffen und ihren Wirkungen auf das Landschaftsbild (BUHMANN u.a. 2002 und Kap. 6.3.5 in diesem Beitrag),
- Rekonstruktion der historischen Landschafts- und Vegetationsentwicklung (FUEST u. SCHNIRCH 2003; MOSKAL 2004), Visualisierung von Landschaftsveränderungen (LANGE 2001a; BUHMANN 2002; DUNBAR u.a. 2003),
- Vorbereitung von Exkursionen anhand virtueller Landschaften (GLÄSSER u. THÜRKOW 2004),
- 3D- und 4D-Landschaftsdarstellungen für schulische, museale und touristische Anwendungen.

4 Konzeptionelle Grundsätze der Landschaftsvisualisierung

Mit der Entwicklung leistungsfähiger Visualisierungsmedien sind heute beeindruckende fotorealistische Landschaftsdarstellungen möglich (www.3dnature.com).

Durch das hierbei erreichbare hohe Maß an Anschauung lassen sich komplexe (geo-)räumliche Informationen, Phänomene und Zusammenhänge auf einfache Weise visuell vermitteln. Der Landschaftsvisualisierung kommt damit bekanntermaßen die Funktion eines Kommunikationswerkzeuges (z.B. in Planungsprozessen) zu. Mit ihm können allerdings auch Wahrnehmungen manipuliert und Entscheidungsfindungen beeinflusst werden (DANIEL u. MEITNER 1999; SHEPPARD 1999 u. 2001). So weist SHEPPARD (1999, 28) darauf hin, dass besonders der Einsatz von Virtual-Reality-Techniken die Gefahr der Suggestion birgt, da es „technische Raffinesse und Realitätstreue immer schwieriger [machen], Fehler oder Willkür in der Darstellung festzustellen“ und das Fehlen korrekt aufbereiteter Landschaftsdaten durch extrem realistische Visualisierungen kaschiert wird. Angesichts der Tatsache, dass anerkannte Maßstäbe für den Aufbau und die Nutzung von Landschaftsvisualisierungen fehlen, schlägt SHEPPARD (2001 u. 2003) folgende Grundsätze („Code of ethics“) für die Landschaftsvisualisierung vor:

1. Repräsentativität: Visualisierungen sollen charakteristische oder wichtige Ansichten, Merkmale und Besonderheiten der Landschaft abbilden.
2. Genauigkeit: Visualisierungen sollen das reale Erscheinungsbild der Landschaft wiedergeben oder das erwartete Erscheinungsbild so wirklichkeitsnah wie möglich simulieren. Landschaftsvisualisierungen sollten die zum Zeitpunkt ihrer Erstellung verfügbaren Daten wahrheitsgemäß abbilden.
3. Visuelle Klarheit: Details, Komponenten und Gesamteindruck der Landschaft sollen in der Visualisierung deutlich erkennbar sein.
4. Interesse: Visualisierungen sollen das Interesse der Betrachter steigern und über längere Zeit binden, ohne diese zu „blenden“.
5. Legitimität: Visualisierungen müssen überprüfbar sein und einem konsistenten und dokumentierten Verfahren folgen. Dieses muss dem Betrachter Aufschluss über den Simulationsprozess geben, die der Visualisierung zugrunde liegenden Annahmen offen legen und Auskunft über den erwarteten Genauigkeitsgrad und die Unsicherheiten in der Darstellung geben.

5 Ausgewählte Techniken und Systeme zur 3D-/4D-Landschaftsvisualisierung

Im Folgenden sollen exemplarisch einzelne Visualisierungsumgebungen vorgestellt werden, die sich hinsichtlich ihrer Fähigkeiten zur Integration von 3D-Objekten, zur Animation dynamischer Objekte und zur Interaktion mit der dargestellten virtuellen Landschaft unterscheiden. Hierzu erscheint es zweckmäßig, die für Landschaftsvisualisierungen einsetzbare Software zunächst in Raytracersysteme und in 3D-Echtzeitsysteme zu gliedern.

Als Raytracersystem (raytracing: „Strahlengang“) werden Visualisierungsprogramme bezeichnet, die es gestatten, einen durch Daten beschriebenen drei- bzw. vierdimensionalen Raum unter Berücksichtigung frei definierbarer Beleuchtungsverhältnisse so abzubilden, dass er entsprechend der gewählten Perspektive, den gewählten Reflexionseigenschaften und Refraktionserscheinungen sowie den berechneten Schattenwürfen in hohem Maße als fotorealistisch erscheint.

5.1 Raytracer-Systeme

Die heute einsetzbaren Raytracersysteme unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Fähigkeiten zum Datenimport, der Art der Datenverwaltung und den Konstruktionsmöglichkeiten zum Teil recht deutlich voneinander. Das primäre Ergebnis einer Raytraceraanwendung ist ein zumeist in der Zentralperspektive projiziertes Einzelbild auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells, entsprechender Oberflächentexturen (Oberflächenmuster) und einer definierten Kamera- und Zielposition (Abb. 2-3 auf der CD). Ein so erzeugtes Einzelbild wird allgemein als „gerendertes“ Bild bezeichnet. Soll das Ergebnis der Visualisierung eine Animation (z.B. eine virtuelle Wanderung) sein, so wird der Betrachterpunkt als Projektionszentrum und/oder der Zielpunkt als Bildhauptpunkt auf einem definierten Animationspfad durch die Szene bewegt. Auf diese Weise wird eine Bildsequenz erzeugt, die anschließend in eine aufgezeichnete Animation überführt wird und von einem Startbild zu einem Endbild mit einer vorbestimmten Anzahl an Einzelbildern pro Sekunde (fps: frames per second) abläuft. Diese Form der Animation soll im Folgenden als „statische Animation“ bezeichnet werden.

Die Qualität der Darstellung ist in erheblichem Maße vom verwendeten Raytracer- und dem gewählten Renderingsystem (z.B. OpenGL oder Direct3D) abhängig. Fotorealistische Renderings, wie sie bei der Landschaftsvisualisierung üblicherweise verwendet werden, bedürfen spezieller Algorithmen, um eine Landschaft aus den vorhandenen Daten so realitätsnah abzubilden, dass der Unterschied zu einer Fotografie nur noch schwer erkennbar ist (Abb. 3).



Abb. 3: Photographie oder virtuelle Landschaft? Das linke Bild ist eine Photographie (= Abb. 2-4 auf der CD)

Hierzu zählen u.a. Neupunktberechnungen auf der Geländeoberfläche, die zumeist über zufällig generierte Muster (z.B. Fraktale) erzeugt werden und den Eindruck der in natürlichen Systemen auftretenden „fuzziness“ hervorrufen. Eine weitere Möglichkeit zur Simulation feiner Geländerauigkeiten und -unebenheiten stellt auch das „Bump-Mapping“ dar. Hierbei handelt es sich um eine spezielle Textur, die eine Schattierung von Objektflächen bewirkt (Abb. 4).

Eine wichtige Funktionalität stellt auch das sog. „Billboarding“ dar. Hierbei wird eine Rastergraphik auf eine vertikale Ebene projiziert, die sich stets zum Betrachter dreht. Die 2D-Rastergraphik erweckt so den Eindruck eines räumlichen Objektes

(oft auch als 2.5D bezeichnet). Diese Funktionalität wird meist für Vegetationsobjekte eingesetzt und ermöglicht es, eine hohe Anzahl an Vegetationsobjekten in akzeptabler Zeit darzustellen. Abschließend seien hier auch die Funktionen zur Abbildung atmosphärisch bedingter Interferenzen genannt, die dem Visualisierungsergebnis die für eine fotorealistische Darstellung erforderliche räumliche Tiefe verleihen.



Abb. 4. Erzeugung von Oberflächentexturen mittels Bump-Mapping
(= Abb. 2-5 auf der CD)

5.2 3D-Echtzeitsysteme

Ein wesentlicher Unterschied zwischen einem Raytracersystem und einer 3D-Echtzeitumgebung liegt in der Qualität der graphischen Darstellung und damit einhergehend in der Berechnungszeit. So benötigen Raytracingsysteme zur Erzeugung eines qualitativ hochwertigen, fotorealistischen Bildes je nach Komplexität der Szene wenige Sekunden bis hin zu Stunden. Ein 3D-Echtzeitsystem muss dagegen pro Sekunde mindestens 15 Bilder (häufig mehr) erzeugen, um den Eindruck einer kontinuierlichen, d.h. verzögerungsfreien Bewegung beim Betrachter hervorzurufen. Aufgrund der wesentlich kürzeren Berechnungszeiten ist die Qualität einer fotorealistischen Darstellung in 3D-Echtzeitumgebungen gegenüber Raytracersystemen deutlich herabgesetzt.

Der große Vorteil von 3D-Echtzeitumgebungen liegt in der Fähigkeit zur direkten Interaktion, die es der Anwenderin oder dem Anwender mittels eines Eingabegerätes (Maus, Tastatur, Trackball usw.) gestattet, frei in der virtuellen Landschaft zu navigieren. Die Animation wird auf diesem Wege dynamisch erzeugt, weshalb sie im Folgenden als „dynamische Animation“ bezeichnet werden soll.

Unabhängig davon, welche Technik gewählt wird, gilt es, eine Visualisierung zu erzeugen, die die Wesenszüge der abzubildenden Landschaft wirklichkeitsnah wiedergibt. Die Auswahl des Visualisierungsmodells hängt dabei vom Visualisierungszweck, der verfügbaren Qualität und Auflösung der Daten sowie von der gewünschten Interaktion ab.

6 Beispiele zur Landschaftsvisualisierung

6.1 Landschaftsvisualisierung mit statischen Animationen – Das Beispiel Terragen (Vers. 0.9.19)

Terragen (PlanetSide Software UK) ist ein Raytracer, der darauf spezialisiert ist, digitale Geländemodelle fotorealistisch zu visualisieren. Aufgrund fehlender Importmöglichkeiten für zusätzliche Geo-Objekte ist das Visualisierungsergebnis allerdings auf die Darstellung von (texturierbaren) Geländeoberflächen begrenzt. Die mit Terragen erreichbare Darstellungsqualität ist trotz dieser Einschränkungen derart hoch, dass dieses System für fotorealistische Darstellungen von Geländeoberflächen im kleinen bis mittleren Maßstab ideal geeignet ist.

Derzeit werden beim Import von digitalen Geländemodellen softwareseitig nur wenige Formate (.ter und .raw[8bit]) direkt unterstützt. Über das Plugin „Firmament“ ist es jedoch möglich, weitere Datenformate (3DEM.dat, STM, BMP, USGS-DEM/SDTS, 16 Bit RAW, Pov Ray Hightfield, 3DEM.binn) zu importieren. Beim Import des Geländemodells werden die Höhenwerte mit einem Skalar versehen, der unter Angabe der Rasterzellendimension sowie der minimalen und maximalen Höhenwerte des Geländemodells in Terragen wieder zurückgesetzt werden muss. Erst danach sind die metrischen Höhenwerte exakt darstellbar. Nach dem Import des DGM stellt Terragen eine Vielzahl an Optionen für die Texturierung der Geländeoberfläche, die Simulation von Atmosphären-, Bewölkungs- und Beleuchtungsverhältnissen, die Darstellung von Wasserkörpern (u.a. Transparenz, Wellenform, Wasseroberfläche) und die Manipulation des Reliefs zur Verfügung (Abb. 5).

Um eine „virtuelle“ Landschaft möglichst realitätsnah darzustellen, kann das Geländemodell mit einem orthogonalen Luft- oder Satellitenbilddatensatz als Bildtextur (Oberflächenmuster in Form einer Rasterdatei) überlagert werden. Ebenso können natürlich auch als Rasterdaten vorliegende, topographische und thematische Karten auf das Geländemodell projiziert („gedraped“) werden. Hierzu sind neben dem Datenimport nur wenige Handgriffe notwendig, die unter Anwendung des Sopack-Plugins zum Bildtexturimport durchgeführt werden können.

Das so erstellte Visualisierungsprojekt kann anschließend durch Festlegung einer Animationsroute in eine aus aneinandergesetzten Einzelbildern bestehende (nicht-interaktive) statische Animation überführt werden.

Neben der Möglichkeit, die gesamte Oberfläche oder Teile des Geländemodells mit einer Bildtextur zu versehen, gestattet Terragen auch die Erzeugung prozeduraler Texturen (Abb. 2-7 auf der CD). Diese werden in Abhängigkeit von den gewählten Parametereinstellungen („bump-mapping“, Bedeckungsgrad, fraktales Rauschen zur Erzeugung von Mischfarben u.a.) zur Laufzeit berechnet und auf die Geometrie projiziert.

Beide Texturierungsarten sind beliebig kombinierbar und können die Oberfläche über sog. „Parent-Child“- Beziehungen als Multilayer-Texturen in definierbarer Weise bedecken. Derartige Multilayer-Texturen eignen sich u.a. zur Darstellung höhenabhängiger Vegetationsdifferenzierungen.

Neben der Erzeugung einer fotorealistischen Geländedarstellung gestattet Terragen über das Plugin „Sopack“ ein „Geometrie-Morphing“. Mit diesem können zwei gleich strukturierte Geländegeometrien nach Festlegung einer entsprechenden Anzahl an Einzelbildern ineinander überführt werden. Dieses erfolgt entweder

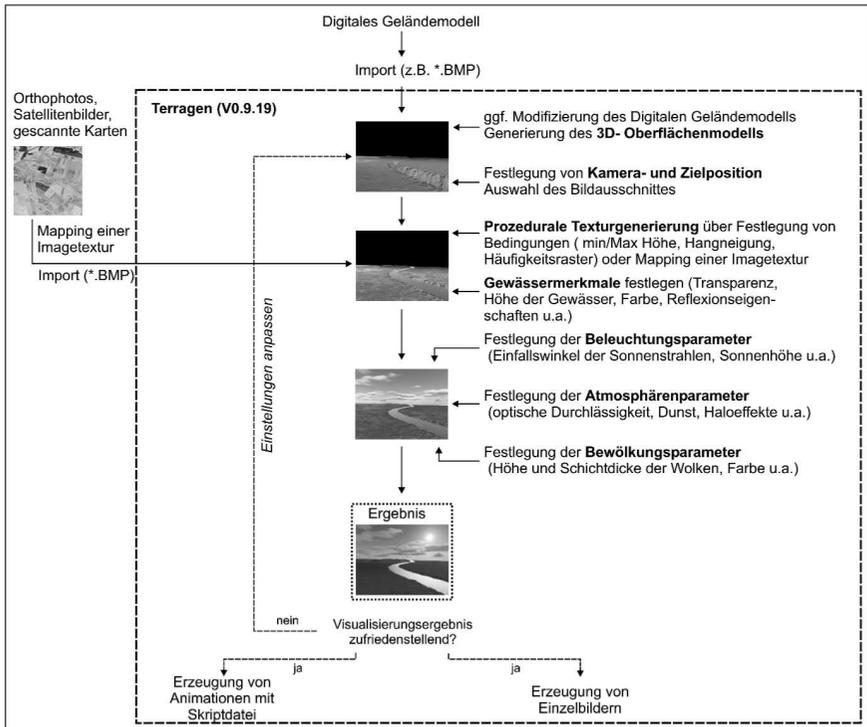


Abb. 5: Prinzipielles Vorgehen bei der Erzeugung von statischen Animationen mit Terragen (= Abb. 2-6 auf der CD)

linear oder über eine kubische Funktion, die die geometrischen Änderungen mit zunehmender Zeit in stärkerer Gewichtung darstellt. Diese Methode eignet sich beispielsweise für die Visualisierung von geologischen Prozessen und Landschaftsprozessen (z.B. epirogenetische und orogenetische Vorgänge, Dünenbildung, Gletscherbewegungen). Darüber hinaus ist es mit Hilfe des „Solaris“-Plugins möglich, Tages- und Jahresgänge der Besonnung für jeden beliebigen Ort der Erde zu simulieren, indem Längen- und Breitengrad sowie Datum und Uhrzeit eingegeben werden können. Leider ist es nicht möglich, die Texturparameter über die Zeit zu verändern, so dass hier manuell eingegriffen werden muss, um die Darstellung den eintretenden Veränderungen (z.B. Vegetationsaspekte) entsprechend anzupassen. Im gegenwärtigen Entwicklungszustand ist Terragen (Version 0.9.19) für fotorealistische Landschaftsvisualisierung im kleinen bis mittleren Maßstab und für die Erstellung statischer Animationen gut geeignet. Eine Integration von Geo-Objekten, die nicht über ein Raster definiert werden können, ist derzeit nicht möglich.

Die Weiterentwicklung dieses Programms sieht neben der Integration zusätzlicher Manipulationsoptionen (z.B. Darstellung von Wasserflächen auf unterschiedlichen Höhenniveaus) auch die Integration von 3D-Objekten und die Implementierung von Methoden zur Positionierung von „Billboards“ zur Darstellung von

Einzelpflanzen oder Pflanzengesellschaften vor. Mit der dadurch erreichbaren deutlich höheren Detailschärfe werden fotorealistische Darstellungen in Terragen auch im großen Maßstabbereich möglich sein.

Ein Beispiel für eine mit Terragen erzeugte Animation findet sich auf der beiliegenden CD (Animationsbeispiel M-2-2). Hierbei handelt es sich um einen Überflug über das Ostholsteinische Hügelland von der Neustädter Bucht bis zur Hohwachter Bucht. Als Datengrundlage diente eine ASTER (Terra) 1A-Szene (Auflösung: 15 m) und ein aus dieser Szene generiertes, digitales Geländemodell (Auflösung 30 m). Die Erzeugung eines mit Terragen gerenderten Einzelbildes der Größe 640 * 480 Pixel bei bester Darstellungsqualität dauerte ca. 40 Minuten pro Bild auf einem handelsüblichen PC. Die Beispielsanimation besteht aus 1.573 Bildern. Dies macht deutlich, dass die Erzeugung hochwertiger Animationen auch auf leistungsstarken Rechnern mit einem erheblichen Rechenaufwand verbunden sein kann.

6.2 Landschaftsvisualisierung mit dynamischen Geo-Objekten als aufgezeichnete Animation – Das Beispiel Visual Nature Studio

6.2.1 Prinzipielle Funktionsweise des Visual Nature Studio (VNS)

Das Visual Nature Studio (3D-NATURE) ist eine 3D-Visualisierungssoftware, mit der Landschaften auch in großem Maßstab dargestellt werden können. Im Unterschied zu Terragen ermöglicht Visual Nature Studio den Import einer großen Anzahl an geocodierten und graphischen Vektor- und Rasterdatenformaten. Mit VNS können einzelne Geo-Objekte dargestellt und ihre Veränderungen über die Zeit visualisiert werden.

Der Aufbau einer virtuellen Landschaft in VNS gleicht einem Baukastenprinzip (Abb. 6).

So wird die darzustellende virtuelle Landschaft aus vordefinierten, thematisch abgegrenzten „Components“ modelliert (Tab. 2).

Tab. 2: VNS-Komponenten zur Erzeugung virtueller Landschaften

Terrain	Land Cover	Water	Sky	Light	3D Object	Vector
Area Terrafactors	Color Maps	Lakes	Atmospheres	Lights	3D Materials	Coordinate Systems
Control Points	Ecosystems	Streams	Celestial Objects	Shadows	3D Objects	Search Querries
Coordinate Systems	Environments	Wave Models	Cloud Models		Labels	Vectors
DEM Mergers	Foliage Effects		Skies		Walls	
DEMs	Ground Effects		Starfield			
Planet Options	Image Objects					
Terrafactors	Snow Effects					
Terrain Generators	Thematic Maps					
Terrain Gridders						

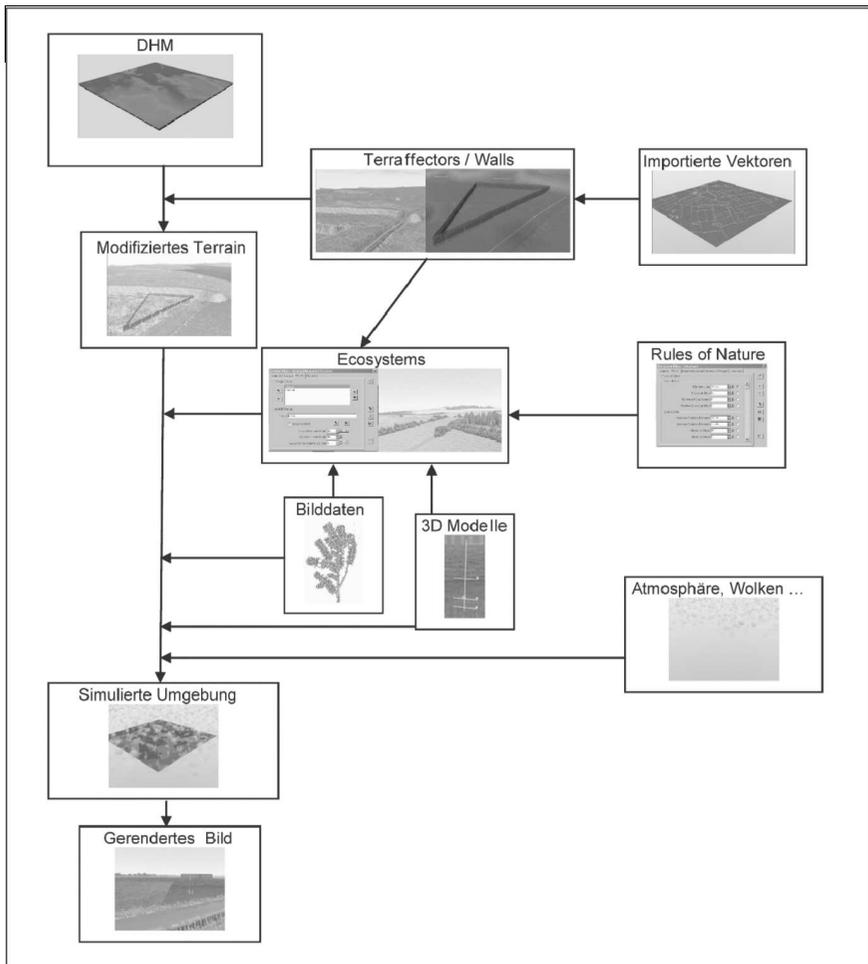


Abb. 6: Prinzipielles Vorgehen bei der 3D-Landschaftsvisualisierung mit VNS (modifizierte Darstellung nach H.v.d. MAAREL 2004, Red Geographics; frdl. schriftliche Mitteilung via eMail vom 06.09.2004) (= Abb. 2-8 auf der CD)

Diese lassen sich im weitesten Sinne als die eine Landschaft konstituierenden (Bau-)elemente auffassen. Sie enthalten sowohl die attributive Beschreibung der virtuell abzubildenden Landschaftsobjekte (wie z.B. Vegetation, Geländeoberfläche und Gewässer) als auch die Geometrien (2D-Vektoren und 3D-Modelle) der zu visualisierenden Objekte. Innerhalb der „Components“ ist nahezu jeder Parameter frei definierbar und animierbar. Auf diese Weise ist es möglich, dynamische Vorgänge zu simulieren. Im Folgenden sollen einige wichtige „Components“ detaillierter beschrieben werden.

6.2.2 *Terraffectors (Terrain)*

Grundlage für die Abbildung einer virtuellen Landschaft mit VNS bildet ein digitales Geländemodell. Das Geländemodell kann mit Hilfe sog. „Terraffectors“ so modifiziert werden (Abb. 2-9 auf der CD), dass unter Verwendung von Profilingaben Straßentrassen, Gewässerläufe und Wälle sowie andere lineare und polygonale Landschaftselemente, wie z.B. Seen, Aufschüttungen und Abgrabungen, erzeugt werden können, die nicht im vorhandenen Geländemodell enthalten sind.

6.2.3 *Walls (3D-Objects)*

Zweidimensionalen Vektordaten kann über die Modifikationskomponente „Walls“ eine Höhe und eine Textur zugeordnet werden, so dass auf diesem Wege Zäune, Mauern, und Hecken erzeugt werden können (Abb. 7). Den „Walls-Components“ kann auch eine horizontale Geometrie zugewiesen werden. So lassen sich mit dieser Komponente einfache Gebäude („Klötzchenmodelle“) konstruieren. Theoretisch ist es auch möglich, beliebige Dachformen auf diesem Wege zu konstruieren, doch gestaltet sich dies bei komplexeren Dachformen und/oder mehreren Gebäuden als sehr zeitintensiv. Da die geometrischen Konstruktionsmöglichkeiten der Software begrenzt sind, erscheint es ratsam, für komplexere Gebäudemodelle ein 3D-CAD-



Abb. 7: Anwendung von Walls-Komponenten zur Konstruktion von linearen Geo-Objekten (= Abb. 2-10 auf der CD)

Programm zu verwenden und die so erzeugten 3D-Modelle in das VNS zu importieren und dort entsprechend zu positionieren. Die Stärken der Software liegen nicht

in der Konstruktion von Geometrien, sondern in den vielfältigen Möglichkeiten, eine Landschaftsszene drei- und vierdimensional fotorealistisch zu visualisieren (Abb. 8).

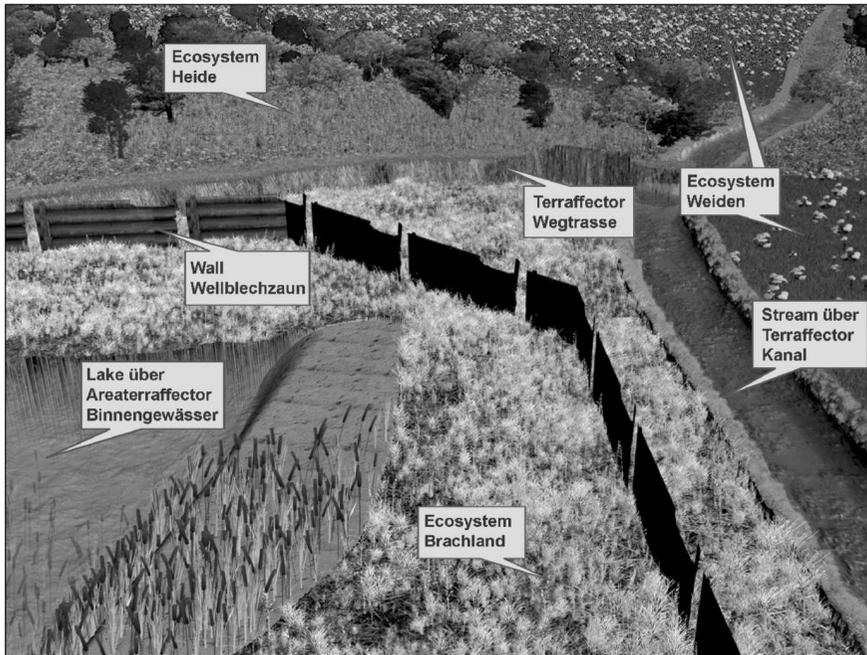


Abb. 8: Landschaftsdarstellung mit VNS (= Abb. 2-12 auf der CD)

6.2.4 Ecosystems (Land Cover)

Zur Visualisierung der Pflanzendecke sind unterschiedliche Vorgehensweisen möglich. Sie reichen von der zufälligen Verteilung bis zur konkreten Positionierung von Einzelpflanzen mittels Koordinatenangabe. In den meisten Fällen erfolgt die Verteilung der Vegetation über sog. „Ecosystem-Components“ (Abb. 2-11 auf der CD). Hierbei handelt es sich um eine Komponente für beliebig definierbare „Ökotypen“. Jeder Ecosystem-Komponente können mit Hilfe sog. „Rules of Nature“ höhen- und hangneigungsabhängige Auftretensbereiche zugewiesen werden. Eine Ecosystem-Komponente bietet zudem die Möglichkeit zur Angabe von „Over-“ und „Understories“, mit der der Schichtenaufbau von Vegetationsbeständen definiert werden kann. Die genannten Parameter sind in beliebiger Form animierbar. Hierdurch ist es möglich, das Wachstum von Pflanzen ebenso zu simulieren wie die Abfolge von Pflanzen und Pflanzengesellschaften im Zuge der natürlichen Sukzession (Animationsbeispiel M-2-3 auf CD).

6.2.5 Weitere Funktionalitäten

Durch die Fähigkeit, unterschiedliche Objekteigenschaften temporal zu verändern,

können bei Vorhandensein entsprechender Daten und Aufzeichnungen Szenarien im Sinne von „Was wäre, wenn...?“ oder „Wie sah es vormals aus?“ visualisiert werden. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass alles, was dreidimensional darstellbar ist, mit dem Visual Nature Studio visualisiert werden kann – unabhängig davon, ob das Ergebnis fotorealistisch sein soll oder einen höheren Abstraktionsgrad besitzen soll.

Neben den hervorragenden Möglichkeiten, eine fotorealistische Umgebung aus Geodaten, 3D-Modellen und den aus Fotografien extrahierten Billboards zu erzeugen, erlaubt das VNS auch eine animierte Wiedergabe von Atmosphäreffekten und eine realitätsnahe Darstellung bewegter Wasserflächen. Eine in VNS modellierte Landschaftsszene kann über die kommerziell vertriebene VNS-/WCS-Erweiterung des „SceneExpress“ interaktiv in Echtzeit (dynamische Animation) erkundet werden.

6.3 Interaktive Landschaftsvisualisierung mit veränderbaren Geo-Objekten – Das Beispiel „a3Dc“

Mit den Visualisierumgebungen VNS und Terragen wurden zuvor Softwareprodukte beschrieben, mit denen qualitativ hochwertige Landschaftsdarstellungen in Form statischer Animationen erzeugt werden können. Im Folgenden soll eine 3D-Echtzeitumgebung mit der Bezeichnung „a3Dc“ vorgestellt werden. Dieses System erlaubt neben einer interaktiven Betrachtung der Landschaft auch die Integration dreidimensionaler Objekte sowie deren Animation und Manipulation. Zudem ist es möglich, Eigenschaften der abgebildeten Objekte abzufragen. Auf diese Weise lässt sich das „a3Dc“ nicht nur als interaktives Visualisiersystem, sondern auch als Informationssystem einsetzen.

Die Entwicklung dieser Visualisierumgebung geht auf eine an der HAW Hamburg (FB Geomatik) angefertigte Diplomarbeit zur Visualisierung von 3D-Stadtmodellen zurück (GABLER 2002). Die Software wurde zwischenzeitlich am Lehrstuhl für Physische Geographie der CAU Kiel für Anwendungen in der Landschaftsplanung und Landschaftsökologie weiterentwickelt. In den Folgekapiteln sollen Aufbau und Funktionen des „a3Dc“ kurz umrissen werden.

6.3.1 Die Konzeption des „a3Dc“

Das „a3Dc“ (a three-D see = Applet 3D Creator) ist eine Visualisierumgebung, mit der dreidimensionale Objekte abgebildet und interaktiv betrachtet werden können. Diese Objekte werden in einer Ebenenstruktur („Layerprinzip“) auf einer Oberfläche positioniert dargestellt und können auf Wunsch animiert werden. So gestattet „a3Dc“ auch die Darstellung von Bewegungsvorgängen im Raum, wie z.B. die Animation von Fließbewegungen in Gewässern, die Animation von Verkehrsmitteln und sonstigen mobilen Objekten. Zudem ist eine Verknüpfung zwischen den auf dem Bildschirm visualisierten Objekten und den sie beschreibenden Sachdaten möglich, so dass thematische Abfragen durchführbar sind (Animationsbeispiel M-2-4 auf der beiliegenden CD).

Zum gegenwärtigen Entwicklungsstand lässt sich das „a3Dc“ für folgende Anwendungen einsetzen:

- zur Durchführung dreidimensionaler Sichtbarkeitsanalysen (z.B. Sichtbarkeit

- geplanter Windkraftanlagen und anderer Objekte),
- zur Visualisierung von Planungsszenarien (z.B. Trassenplanung für Verkehrswege, Bauleitplanung),
- als interaktives Informationssystem (z.B. virtueller Bodenlehrpfad, Gebäudeinformationssystem, Landschaftdarstellungs- und Informationssystem),
- zur dreidimensionalen Darstellung von Landschaften und des Landschaftswandels („virtuelle Zeitreisen“),
- zur Rekonstruktion historischer Landschaften.

6.3.2 Die technischen Grundlagen von „a3Dc“

Die Visualisierungsumgebung „a3Dc“ ist in Java programmiert und sowohl lokal, als auch über eine TCP/IP-Verbindung einsetzbar. Java ist eine höhere objektorientierte Programmiersprache, mit der bereits eine Vielzahl an Programmen zur Geodatenverarbeitung entwickelt wurden. So sind Clipping- und Verschneidungsalgorithmen sowie zahlreiche andere zweidimensionale vektorgraphische Methoden direkt in Java2 SDK (Software Development Kit) implementiert. Neben dem Vorteil der Entwicklung betriebssystemunabhängiger Software zeichnet sich Java zudem durch eine problemlose Internetfähigkeit der hiermit entwickelten Anwendungen aus.

Durch die zusätzliche Verwendung des Java3D API (Application Programming Interface) können dreidimensionale Daten importiert, generiert, verarbeitet und dargestellt werden. Das Konzept des Java3D baut auf der hierarchischen „parent-child“-Struktur des Szenegraphen auf, in der neben der Art der Darstellung auch die entsprechenden Interaktionsformen festgelegt werden. Der auf diese Weise modellierte Datenraum wird bei der Visualisierung an das Renderingsystem (OpenGL oder Direct3D) delegiert und ausgewertet. Ergebnis des Renderings ist die projizierte Darstellung des generierten Datenraumes auf dem Bildschirm, in die auch interaktiv eingegriffen werden kann.

Mit „a3Dc“ kann jeder beliebige Raum dreidimensional kartographisch dargestellt werden. Neben der Möglichkeit, sich durch eine virtuelle Landschaft zu bewegen, enthält „a3Dc“ zahlreiche weitere Interaktionsoptionen, z.B. thematische Abfragen, Drehung von Objekten und Animation von Objekten (Abb. 9).

6.3.3 Aufbau von Visualisierungsprojekten in „a3Dc“

Grundlage für ein mit „a3Dc“ aufzubauendes Visualisierungsprojekt bildet ein digitales Geländemodell (DGM) der darzustellenden Landschaft. Dieses kann entweder im ESRI-ASCII-Grid-Format oder in VRML97 (Elevation-Grid) vorliegen und mit unterschiedlichen thematischen Ebenen („Layern“) überlagert werden. Jede dieser Informationsebenen setzt sich aus unterschiedlichen „Ebenenobjekten“ zusammen, die frei miteinander kombinierbar sind. Im Einzelnen handelt es sich bei diesen Ebenenobjekten um Karten, 3D-Modelle, Billboards und Texte (Abb. 9). Die in jeder Informationsebene darzustellenden „Ebenenobjekte“ werden über ASCII-Textdateien beschrieben, die Verweise auf die darzustellenden Inhalte sowie Definitionen über deren Transformationsparameter und Angaben zu Gestaltungs- und/oder Verhaltensweisen enthalten. Als darstellbare Ebenenobjekte können 3D-Modelle in den Formaten VRML97, OBJ und 3DS, Bilddaten für 2.5D-Objekte

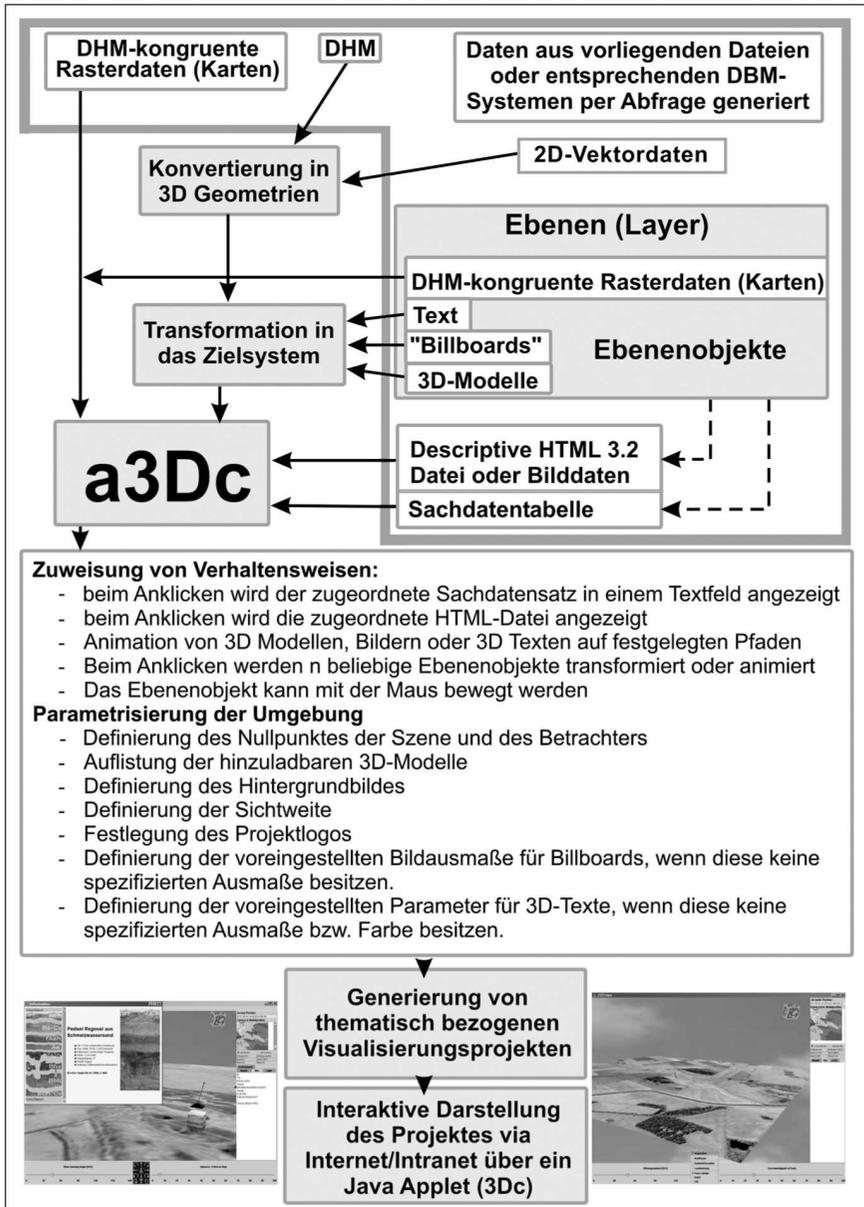


Abb. 9: Schematischer Aufbau von Visualisierungsprojekten in „a3Dc“ und Interaktionsmöglichkeiten (= Abb. 2-13 auf der CD)

(Billboard-Objekte) in den Formaten JPG, GIF und PNG sowie 3D-Texte aus ASCII-Textdateien und DHM-kongruente Karten in den Formaten JPG, GIF und PNG verwendet werden. Die Rasterdaten werden zur effizienteren Darstellung über einen „Mipmapping“- Algorithmus verarbeitet, der die Rasterdaten entfernungsabhängig skaliert. Auf diese Weise wird die Graphikkarte bei der Darstellung entlastet. Zur Abbildung von 2.5D-Objekten (Billboards) können Höhe und Breite entweder für jedes Objekt festgelegt oder über einen definierten Wert, der an eine Zufallsfunktion gekoppelt ist, berechnet werden. Letzteres ist insbesondere für Vegetationsobjekte sinnvoll, wenn keine gemessenen Höhen vorliegen. Auf diese Weise kann eine visuelle Variation der Pflanzendecke erzeugt werden, welche die Visualisierung realistischer erscheinen lässt.

Zur räumlich exakten Platzierung der Ebenenobjekte, die in einem Bezugssystem vorzuhalten sind, ist die Angabe des Translationsvektors erforderlich. Die Positionierung der Objekte erfolgt systemintern durch eine dreidimensionale, affine Transformation in ein kartesisch, linksläufiges Koordinatensystem.

6.3.4 Interaktionsmöglichkeiten in „a3Dc“

Neben der Fähigkeit zur freien Navigation durch die dargestellte Landschaft bietet die Visualisierumgebung „a3Dc“ eine Reihe weiterer Interaktionsfunktionen an. Von der Vielzahl der bei CRAMPTON (2002) und FUHRMANN u.a. (2001) aufgeführten Interaktionstypen sind die folgenden derzeit in „a3Dc“ realisiert (Animationsbeispiel M-2-4 auf der CD):

- Veränderung von Ansichtsparametern und Kamerapositionen,
- Veränderung des sichtbaren Bildausschnittes bzw. des Öffnungswinkels der Kamera (Zoom-in-/Zoom-out),
- Veränderung von Beleuchtungs- und atmosphärischen Parametern (z.B. Sichtweiten, Dunst, Nebel, Farbe des Dunstes),
- geometrische Manipulation von Objekten (Positionieren, Transformieren, Einfügen, Hinzufügen und Löschen von 2D-, 2.5D- und 3D-Objekten),
- Kombination von Informationsebenen („Layern“),
- Abfrage thematischer Attribute,
- Animation von Geoobjekten.

Den einzelnen Ebenenobjekten (Karten, 3D-Modelle, 2.5D-Modelle und Texte) können unterschiedliche Verhaltensweisen (Beweglichkeit, Selektierbarkeit, Animierbarkeit) in nahezu beliebig kombinierbarer Form zugewiesen werden. Die derzeit implementierten Verhaltensweisen (Abb. 9 bzw. 2-13 auf der CD) beziehen sich auf sog. Mausereignisse (z.B. Mausklick) innerhalb der Szene oder, wie bei der Animation von Ebenenobjekten, auf Automatismen, die beim Start der Software ausgelöst werden (z.B. das Steigen eines Gewässerpegelstandes). Jedes Ebenenobjekt kann mit einem Verhalten belegt werden, das ein Rotieren des entsprechenden Objektes ebenso ermöglicht wie ein Verschieben in alle Richtungen (6DOF, 6 Degree of Freedom). Mittels eines weiteren Verhaltens können Ebenenobjekte als „Aktivatoren“ definiert werden. Wird ein derartiges Objekt mit der Maus selektiert, löst dieses weitere Verhaltensweisen von anderen, als „Reaktoren“ zu definierenden Ebenenobjekten aus (z.B. Skalierung eines Details zur besseren Betrachtung). Mittels dieser Verhaltensweisen können Prozessabläufe simuliert und visualisiert

werden. Weitere Interaktionsfunktionen gestatten es, per Mausklick die mit den jeweiligen Ebenenobjekten assoziierten Sachdatensätze abzufragen und darzustellen. Letzteres kann wahlweise durch eine reine tabellarische ASCII-Ausgabe des Abfrageergebnisses oder über eine HTML-basierte Darstellung erfolgen, welche eine framebasierte Anzeige von Text- und Bildinformation erlaubt.

6.3.5 Sichtbarkeitsanalysen als praktisches Anwendungsbeispiel für „a3Dc“

Neben der Möglichkeit, räumliche Information dreidimensional darzustellen, bietet „a3Dc“ die Möglichkeit, beliebige 3D-Modelle (z.B. Windkraftanlagen, Gebäude) interaktiv zu positionieren. Auf diese Weise lassen sich Planungsvorhaben virtuell darstellen und ihre Integrierbarkeit in die bestehende Umgebung frühzeitig abschätzen, wie es in § 34 (1) BauGB gefordert ist. Dort heißt es:

„Zulässigkeit von Vorhaben innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile (1) Innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile ist ein Vorhaben zulässig, wenn es sich nach Art und Maß der baulichen Nutzung, der Bauweise und der Grundstücksfläche, die überbaut werden soll, in die Eigenart der näheren Umgebung einfügt und die Erschließung gesichert ist. Die Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse müssen gewahrt bleiben; das Ortsbild darf nicht beeinträchtigt werden.“

Bei der Durchführung der Sichtbarkeitsanalysen in „a3Dc“ kann die Position des Betrachters interaktiv festgelegt werden. Die Sichtlinie wird genau auf den Nullpunkt des hinzugeladenen Modells ausgerichtet und eine exakt skalierte Ansicht des Planungsgegenstandes vom Betrachterpunkt aus generiert. Die so erzeugte Darstellung kann als JPG-Graphik gespeichert werden. Durch Veränderung des Betrachterpunktes kann die Sichtbarkeit des jeweiligen Objektes von verschiedenen Positionen aus dokumentiert werden, so dass die erzeugten Ansichten als Entscheidungshilfe genutzt werden können. Ein Beispiel für eine mit „a3Dc“ durchgeführte Sichtbarkeitsanalyse ist in der Animation M-2-4 auf der CD dargestellt.

6.3.6 Zukünftige Entwicklungsarbeiten

Neben der Integration weiterer Verhaltensweisen, wie dem Geometrie-Morphing zur Simulation dynamischer Vorgänge im Raum, soll die analytische Funktionalität des „a3Dc“ schrittweise ausgebaut werden. Im Vordergrund stehen dabei Abfrage- und Filterroutinen, mit denen Objekte der einzelnen Informationsebenen in freier Kombination selektiert, markiert und klassifiziert werden können. Die derzeitigen Entwicklungsarbeiten beschäftigen sich mit der dynamischen Simulation und Visualisierung von Landschaftsprozessen. Ein Beispiel hierfür ist die dreidimensionale Simulation von Windfeldern als Grundlage für die Optimierung des Windschutzes in winderosionsgefährdeten Landschaften. Im Rahmen von Szenarien, bei denen Windhindernisse (z.B. Baumreihen, Knicks, Gebäude) interaktiv in die virtuelle 3D-Landschaft platziert werden, sollen mit „a3Dc“ konkrete Vorschläge für die Windschutzplanung erarbeitet werden.

Angesichts der vielfältigen Möglichkeiten, eine 3D-Szene mit der Java-3D-Erweiterung zu manipulieren, können nahezu alle räumlichen Prozesse darstellbar gemacht werden. Inwieweit dies auch in Echtzeit realisierbar ist, hängt allerdings nicht unwesentlich von der Rechengeschwindigkeit der verwendeten CPU und der

Größe des Arbeitsspeichers sowie von den Darstellungsmöglichkeiten der Graphikkarte ab, oder anders ausgedrückt: die Gestaltungsqualität bestimmt die Anzahl der Bilder pro Sekunde und damit, ob eine Szene in Echtzeit darstellbar ist oder nicht.

Literaturverzeichnis

- BOLCH, T. u. U. KAMP 2003: Qualitätsanalyse digitaler ASTER-Geländemodelle von Hochgebirgsregionen (Cerro Sillajhuay, Chile/Bolivien). In: Kartographische Nachrichten 53, S. 224–230.
- BUHMANN, E. 2002: Using GIS for Visualization of Changing Landscape of the Brown Coal Mining Areas at the Building Exhibition (IBA) Fuerst Pueckler Land. In: BUHMANN, E. U. NOTHHELFER u. M. PIETSCH (Hrsg.): Trends in GIS and Virtualization in Environmental Planning and Design. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences. Heidelberg, S. 48–54.
- BUHMANN, E., U. NOTHHELFER u. M. PIETSCH (Hrsg.) 2002: Trends in GIS and Virtualization in Environmental Planning and Design. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences. Heidelberg.
- BUZIEK, G. 2000: Theoretische Grundlagen der Gestaltung von Animationen und praktische Beispiele. In: BUZIEK, G., D. DRANSCH u. W.-D. RASE (Hrsg.): Dynamische Visualisierung. Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen. Berlin, Heidelberg, New-York, S. 15–40.
- BUZIEK, G., D. DRANSCH u. W.-D. RASE (Hrsg.) 2000: Dynamische Visualisierung. Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen. Berlin, Heidelberg, New-York.
- CARTWRIGHT, W.B., M.P. PETERSON u. G. GARTNER (Hrsg.) 1999: Multimedia Cartography. Berlin, Heidelberg, New York.
- COORS, V. u. A. ZIPF 2005: 3D-Geoinformationssysteme. Grundlagen und Anwendungen. Heidelberg.
- CRAMPTON, J.W. 2002: Interactivity Types in Geographic Visualization. In: Geography and Geographic Information Science 29, S. 85–98.
- DANIEL T.C. u. M.J. MEITNER 1999: Predicting Human Response to Future Environments through Data Visualizations. unveröffentl. Manuskript, Environmental Perception Laboratory, Department of Psychology, University of Arizona, Tucson (<http://www.@ag.arizona.edu>, Stand: 15.09.2005).
- DUNBAR M.D., L.M. MOSKAL, M.E. JAKUBAUSKAS, J.E. DOBSON u. E.A. MARTINKO 2003: Computer Visualization of Forest Cover Change: Human Impacts in Northeastern Kansas and Natural Disturbance in Yellowstone National Park. In: Proceedings American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference, Anchorage (http://www.kars.ku.edu/projects/visualization/Papers/ASPRS2003_MDunbaretal.pdf, Stand: 15.09.2005).
- ERVIN, S.M. 2001: Digital Landscape Modeling and Visualization: A Research Agenda. In: Landscape and Urban Planning 54, S. 49–62.
- ERVIN S.M. u. H.H. HASBROUCK 2001: Landscape Modeling: Digital Techniques for Landscape Visualization. New York.
- FENDRICH, D.W., A.T. GESI, A.F. HEALY u. L.E. BOURNE 1995: The Contribution of Procedural Reinstatement to Implicit and Explicit Memory Effects in a Motor Task. In: HEALY, A.F. u. L.E. BOURNE (Hrsg.): Learning and Memory of Knowledge and Skills: Durability and Specificity. Thousand Oaks (CA), S. 30–65.
- FUEST, R. u. M. SCHNIRCH 2003: Visualization of Vegetation Dynamics During the Holocene Period for Educational Purposes. In: BUHMANN, E. u. S. ERVIN (Hrsg.): Trends in Landscape Modeling. Proceedings of the Anhalt University of Applied Sciences 2003. Heidelberg, S. 56–65.
- FUHRMANN, S. u. M.J. KRAAK 2001: Geovisualisierung – Einführung in das Thema. In: Kartographische Nachrichten 51, S. 173–175.
- FUHRMANN, S., B. SCHMIDT, K. BERLIN u. W. KUHN 2001: Anforderungen an 3D-Interaktionen in geovirtuellen Umgebungen. In: Kartographische Nachrichten 51, S. 191–195.
- GABLER, R. 2002: Anwendbarkeit von Java3D zur Visualisierung von 3D-Stadtmodellen am Beispiel der DSGK-3D. Unveröffentl. Diplomarbeit am FB Geomatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften. Hamburg (<http://lisa.rzcn.fh-hamburg.de/ViewerJ3d>).
- GLÄSSER, C. u. D. THÜRKOW 2004: Virtuelle Landschaften und Exkursionen – innovative Tools in der geowissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung. In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation 5, S. 391–398.
- HAPESCHI, K. u. D. JONES 1992: Interactive Multimedia for Instruction: A Cognitive Analysis of the Role of Audition and Vision. In: International Journal of Computer Interaction 4, S. 79–99.
- HERRMANN, C. u. H. ASCHE (Hrsg.) 2001: Web.Mapping 1. Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet. Heidelberg.

- HUBER, S., R. SIEBER u. A. WIPF 2003: Multimedia in der Gebirgskartographie – 3D-Anwendungen aus dem „Atlas der Schweiz – interaktiv 2“. In: Kartographische Nachrichten 53, S. 217–224.
- JÜNEMANN, P., P. PAAR u. J. REKITTKE 2001: Landschaftsplanung: Verbreitung und Einsatz von 3D-Visualisierungswerkzeugen in der Planungspraxis. In: Kartographische Nachrichten 51, S. 200–204.
- KÄÄB, A., Y. ISAKOWSKI, F. PAUL u. A. NEUMANN 2003: Glaziale und periglaziale Prozesse: Von der statischen zur dynamischen Visualisierung. In: Kartographische Nachrichten 53, S. 206–212.
- LANGE, E. 2001a: Prospektive 3D-Visualisierungen der Landschaftsentwicklung als Grundlage für einen haushälterischen Umgang mit der Ressource Landschaft. In: Natur und Landschaft 76, S. 513–519.
- LANGE, E. 2001b: The Limits of Realism: Perceptions of Virtual Landscapes. In: Landscape and Urban Planning, 54, S. 163–182.
- MAC EACHREN A.M. u. M.J. KRAAK 2001: Research Challenges in Geovisualization. In: Kartographische Nachrichten 51, S. 204–207.
- MARMIE, W.R. u. A.F. HEALY 1995: The Long-Term Retention of a Complex Skill. In: HEALY, A.F. u. L.E. BOURNE (Hrsg.): Learning and Memory of Knowledge and Skills: Durability and Specificity. Thousand Oaks (CA), S. 30–65.
- MOSKAL, M.L. 2004: Historical Landscape Visualization of the Wilson's Creek National Battlefield Based on Object Oriented Tree Detection Method from IKONOS-Imagery. In: ASPRS Annual Conference Proceedings, May 2004. Denver (CO) (<http://definiens.com/pdf/publications/ASPRS-2004-0165.pdf>, Stand: 18.01.2007).
- PETERSON, M. P. 1999: Elements of Multimedia Cartography. In: CARTWRIGHT, W.B., M.P. PETERSON u. G. GARTNER (Hrsg.) 1999: Multimedia Cartography. Berlin, Heidelberg, New York, S. 31–40.
- SHEPPARD, S.R.J. 1999: Regeln für die Nutzung der digitalen Kristallkugel (Building a code of ethics for landscape visualization). In: Garten und Landschaft 11, S. 28–32.
- SHEPPARD, S.R.J. 2001: Guidance for Crystal Ball Gazers: Developing a Code of Ethics for Landscape Visualization. In: Landscape and Urban Planning 54, S. 183–199.
- SHEPPARD, S.R.J. 2003: Proposed Interim Code of Ethics for Landscape Visualizations (Version 4, July 2004). http://www.calp.forestry.ubc.ca/CodeofEthics_July2003.pdf (Stand: 15.09.2005).
- SHEPPARD, S.R.J., J.L. Lewis u. C. AKAI 2004: Landscape Visualization: An Extension Guide for First Nations and rural communities. Sustainable Forest Management Network. Edmonton, Alta. www.3dnature.com (Stand: 18.01.2007)
- www.grass.itc.it (Stand: 18.01.2007)
- www.tec.army.mil/TD/tvd/survey (Stand: 18.01.2007)
- www.VTerrain.org (Stand: 18.01.2007)
- ZLATANOVA, S. A.A. RAHMAN u. M. PILOUK 2002: 3D-GIS: Current Status and Perspectives. In: Proceedings of the Joint Conference on Geo-Spatial theorie, 08.–12.07.2002, Ottawa (Kanada), S. 1–6, http://gdmc.nl/zlatanova/thesis/html/refer/ps/SZ_AR_MP02.pdf (Stand: 15.09.2005).