

# Kartographie „on demand“: Generierung virtueller Landschaften aus Fernerkundungs- und GIS-Daten

Thomas Blaschke, Robert Meisner, Alexander Almer, Harald Stelzl,  
Nils Sparwasser, Dirk Tiede, Stefan Lang

## Zusammenfassung

In vielen Anwendungsbereichen erfordert die kartographische Darstellung eine rasche Reaktion und erfolgt daher unter großen Zeitdruck. Im Rahmen des EU-Expertenetzwerks GMOSS (*Global Monitoring for Security and Stability*) stellen hier drei verschiedene Institutionen ihre ursprünglich separaten Lösungen vor und diskutieren integrative Ansätze. Das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen bei München beschäftigt sich mit der optimierten Modellierung dreidimensionaler Landschaften, in erster Linie auf Basis von Satellitendaten. Joanneum Research in Graz veredelt dreidimensionale Landschaftsmodelle, indem Zusatzinformationen in diese Modelle integriert werden und eine Darstellung in Echtzeit realisiert wird. Das Zentrum für Geoinformatik (Z\_GIS) der Universität Salzburg bringt seine Expertise im Bereich GIS und Informationsextraktion in das Konsortium ein.

## 1 Stand der Entwicklung

### 1.1 Kartographie unter Zeitdruck – „rapid mapping“

Genauigkeit und Verfügbarkeit von Daten, die schnelle und kostengünstige Auswertung sowie eine zielgruppenorientierte Visualisierung der Information ist vor dem Hintergrund von Sicherheits- und Katastrophenmanagement von entscheidender Bedeutung. Als Grundlageninformationen für Entscheidungsprozesse werden immer häufiger

satellitenbasierte Fernerkundungsdaten eingesetzt. Die Nutzung von Geodaten in diesem Zusammenhang erfordert unter anderem die Integration und die Visualisierung großer Datenmengen in sehr kurzer Zeit. Daher kommt der Automatisierung unterschiedlicher Prozesse in der Datenaufbereitung und Analyse, aber auch im Bereich der Datenvisualisierung eine immer größere Bedeutung zu. Neben der Erstellung klassischer Karten ist die Darstellung von Satellitendaten in Form virtueller Landschaften ein Verfahren, um nichtprofessionellen Kartennutzern schneller ein Verständnis der Gegebenheiten vor Ort und der Dateninhalte zu ermöglichen. Mit dieser Darstellungstechnik können großräumige Zusammenhänge ebenso erläutert werden wie zu erwartende logistische Probleme in einer Krisenregion.

In der Praxis sieht sich die „Kartographie unter Zeitdruck“ – um die häufig genannten Vorteile digitaler Karten zu konterkarieren – oft starken Qualitätsverlusten gegenüber. Dennoch sind virtuelle Landschaftsmodelle insbesondere von unbekanntem oder sehr abgelegenen Regionen häufig die einzige Möglichkeit, bereits vor der Ankunft die Gegebenheiten vor Ort zu analysieren. Im Unterschied zu klassischen Karten oder reinen Satellitenbildern der betroffenen Region sind virtuelle Landschaftsmodelle unter sachkundiger Erläuterung weitgehend intuitiv verständlich und daher die räumlichen Zusammenhänge gut vermittelbar. Eine Erfassung der Landschaft vor Ort ist somit in der Regel schneller und einprägsamer gegeben.

### 1.2 Fernerkundungs- und GIS-Daten zur Landschaftsvisualisierung

Seit Mitte 2004 ist die Verarbeitung der digitalen Höhenmodelle (DHM) aus der *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) abgeschlossen. Es liegt

Deutsche Gesellschaft für Kartographie, Kartographische Schriften, Band 10: Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung. Beiträge des Seminars GEOVIS 2006, 5.–6. April 2006, Potsdam, 27–36

damit ein quasi globales, digitales Höhenmodell (DHM) in guter Qualität vor – eine Grundvoraussetzung zur Erstellung virtueller Landschaftsmodelle auch schlecht kartierter Regionen der Erde.

Ebenfalls seit 2004 steht die neue Version der Landnutzungsklassifikation *CORINE Land Cover* für das Gebiet der europäischen Union zur Verfügung. In Verbindung mit den Höhendaten aus SRTM bildet dieser Datensatz eine Grundlage für die automatische Erstellung virtueller Landschaften, zumindest für das Gebiet der Europäischen Union.

Zusatzinformation wie aus hochaufgelösten Satellitendaten erstellte Karten, der vorherrschende Vegetationstypus, die Landnutzung, angebaute Feldfrüchte oder Siedlungsform eröffnen die Möglichkeit einer großmaßstäbigen Darstellung von Regionen. Voraussetzung hierfür ist jedoch der Aufbau einer Datenbank mit diesen regionsspezifischen Parametern. In der Praxis bedeutet dies, dass beispielsweise die für ein Gebiet spezifische Artenzusammensetzung in verschiedenen Ökosystemen in einer virtuellen Landschaft abgebildet werden kann. Auf Basis der im Vorfeld erfolgten Informationsextraktion werden der jeweiligen Landnutzung entsprechend virtuelle Ökosysteme zugeordnet. So können die Verhältnisse, wie zum Beispiel die im Hochgebirge typische Höhenzonen der Vegetation, in einem virtuellen Modell nachgebildet werden. Die wechselnde Zusammensetzung von Wiesen und Laubwäldern der Täler (Eichen, Buchen), der

Misch- und Nadelwaldzone des montanen Niveaus (Lärchen, Fichten, Arven), der subalpinen Stufe mit Föhren und Büschen bis zu den Flechten und Pionierrasen der subnivalen und nivalen Zone der Gipfelregionen werden schnell und detailgetreu darstellbar.

Kleinräumige Abweichungen sind neben der Höhenlage abhängig von Faktoren wie anthropogene Überprägung, Exposition, Abschattung, Klimazone und eventuell der darzustellenden Jahreszeit. Diese Einflüsse müssen in einer Datenbank zusätzlich berücksichtigt werden. In dieser Datenbank werden aber auch für verschiedene Regionen der Erde in unterschiedlicher räumlicher Auflösung Informationen zu den landschaftsprägenden Elementen hinterlegt, zum Beispiel typische Siedlungsstrukturen oder spezifische Anbaumethoden.

Die Darstellung entlegener und wenig erschlossener Regionen wird durch photorealistische Texturen auf Basis von Satellitendaten unterstützt. Iterativ können die Inhalte des Landschaftsmodells nach erfolgter Interpretation und Auswertung der Satellitendaten verbessert und *on the fly* in das Modell eingebracht werden (Abb. 1). Abhängig vom jeweils gewünschten Maßstab könnten Details bis zu einzelnen Gebäuden realisiert werden, soweit die Basisinformationen in ausreichend hoher Qualität vorliegen. Konkret bedeutet dies, dass bei zeitkritischen Anwendungen wie zum Beispiel den genannten humanitären Hilfsaktionen ein



**Abbildung 1** Landschaftsvisualisierung auf Basis von Satellitendaten. Hochauflösende, virtuelle Modelle des Mount Everest (links) und der Region Kapstadt (rechts)

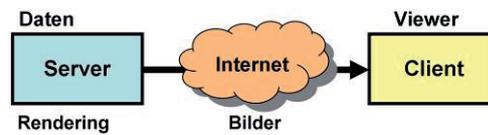
virtuelles Landschaftsmodell sehr schnell erzeugt werden könnte.

### 1.3 Landschaftsvisualisierung

Die dreidimensionale Darstellung großer virtueller Landschaften – vor allem in Echtzeit – hat in den letzten Jahren einen großen Sprung in Geschwindigkeit und Qualität der Darstellung gemacht. Diese Entwicklung führt dazu, dass sehr große Datensätze wie höchstauflösende Satellitenbilder in Verbindung mit digitalen Höhenmodellen (DHM) als dreidimensionale Landschaftsmodelle mit sehr hoher Detailgenauigkeit integriert werden können. Auch landschaftliche Details, zum Beispiel Einzelbäume, Gebäude, Bodenbedeckung oder Infrastrukturinformation, können in diese Landschaftsmodelle eingebracht werden und damit zur weiteren Verbesserung der Darstellungsqualität beitragen.

Eine der Anwendungen für diese Techniken liegt darin, einen realistischen Eindruck einer Landschaft zu vermitteln, ohne selbst vor Ort zu sein. Bei humanitären Hilfsaktionen können so die Hilfskräfte bereits vor oder während der Anreise auf die Gegebenheiten vor Ort vorbereitet werden. Dabei können durch die Verwendung aktueller Daten auch neue Situationen vor Ort simuliert oder dargestellt werden. Ein Nachteil bei der Nutzung dieser Technologie liegt darin, dass sehr detaillierte digitale Landschaftsmodelle nur mit hohem Zeit- und Personalaufwand hergestellt werden können. Das schränkt derzeit die Nutzung dieser Technologie insbesondere bei zeitkritischen Anwendungen ein. Grundsätzlich sind für die Landschaftsvisualisierung zwei technologische Lösungen zu unterscheiden, nämlich die vorprozessierte Visualisierung und die Echtzeit-Visualisierung. Nachfolgend werden diese beiden Möglichkeiten kurz charakterisiert.

*Vorprozessierte Visualisierung:* Durch die zeitliche Trennung von Produktion und Präsentation ist die Visualisierung sehr detaillierter Landschaftsmodelle möglich. Einzelne Bilder werden in sehr hoher Qualität bereits im Vorfeld berechnet. Dies erfordert allerdings auch den Aufbau umfangreicher Objektbibliotheken, um einen entsprechenden Detaillierungsgrad erreichen zu können. Der Aufbau dieser Objektbibliotheken schließt die Integration von Vegetationstypen, Bodentexturen, Texturen für



**Abbildung 2** Systemaufbau der Echtzeitvisualisierung für „serverseitiges Rendering“

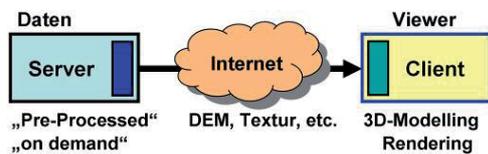
Infrastruktur, Gebäudemodelle und vieles mehr ein und ist deshalb zeitaufwändig.

Diese Bibliotheken ermöglichen aber in weiterer Folge realistische 3D-Visualisierungen, virtuelle Überflüge und terrestrische Spaziergänge. Der zuvor beschriebene Zeitaufwand relativiert sich allerdings, wenn für Gebiete bereits Objektbibliotheken vorliegen. In diesem Fall können Veränderungen in der Landschaft automatisiert und in sehr kurzer Zeit dargestellt werden. Somit ist auch die vorprozessierte Visualisierung unter Verwendung vorhandener Objektbibliotheken für Einsätze im Katastrophenmanagement optimal einsetzbar. Im Rahmen des Projektes wurde für die vorprozessierte Visualisierung das Softwarepaket *Visual Nature Studio* der Firma 3D-Nature eingesetzt.

*Echtzeitvisualisierung:* Hierbei erfolgt die Berechnung der Geometrien und der Aufbau der dreidimensionalen Szene quasi in Echtzeit (*real time rendering*). Ein Vorteil gegenüber der vorprozessierten Methode ist die Möglichkeit der direkten Navigation im Landschaftsmodell durch den Benutzer. Dieser kann während der Präsentation interessante Themen zu- bzw. wegschalten und somit eine auf die aktuelle Situation besser angepasste, dreidimensionale Darstellung erreichen. Grundsätzlich können zwei Lösungen für den Systemaufbau eines Echtzeitsystems unterschieden werden:

*Serverseitiges Rendering:* Die einzelnen Bilder werden auf einem leistungsfähigen Server unter Verwendung von Satelliten- bzw. Luftbilddaten, DGMs sowie zusätzlicher punkt-, linien- und flächenhafter Informationen und 3D-Objekten berechnet und in weiterer Folge über das Netz an den Client (in der Regel den Arbeitsplatzrechner) geschickt (Abb. 2).

*Clientseitiges Rendering:* Die Daten werden aus den Ausgangsdaten aufbereitet (*pre-processing*,



**Abbildung 3** Systemaufbau der Echtzeitvisualisierung für „clientseitiges Rendering“

on demand). Die Echtzeitmodellerstellung erfolgt am Client (wiederum in der Regel dem Arbeitsplatz-Rechner) unter Verwendung von DGM- und Texturdaten, zusätzlicher raumbezogener Informationen und 3D-Objekten (Abb. 3).

Die Berechnung einer gesamten Szene in Echtzeit erfordert für beide angeführten Lösungen eine entsprechende Durchsatzleistung, die heute durch Arbeitsplatzrechner mit leistungsfähigen Graphikkarten bereitgestellt wird. Das clientseitige Rendering erfordert allerdings eine geringere Bandbreite im Vergleich zum serverseitigen Rendering, um eine entsprechende Darstellungsqualität zu erreichen (ALMER et al. 2004). Durch einen Zugriff auf Datenbanken ist eine Online-Aktualisierung der Daten bzw. der Geoinformation für ein Krisengebiet möglich. Im Vergleich zur vorprozessierten Visualisierung werden in der Echtzeitvisualisierung geringere Auflösungen und vereinfachte 3D-Modelle verwendet. Dies ist vor allem in Hinblick auf die Geschwindigkeit der Szenenerstellung bzw. die Hardwareanforderungen an das System ein entscheidender Faktor.

## 2 Demonstrationsbeispiel für ein sudanesisches Flüchtlingscamp (Goz Amer) im Tschad

### 2.1 Überblick

Die Autorengruppe vereint in diesem Ansatz folgende Vorarbeiten auf unterschiedlichen Gebieten:

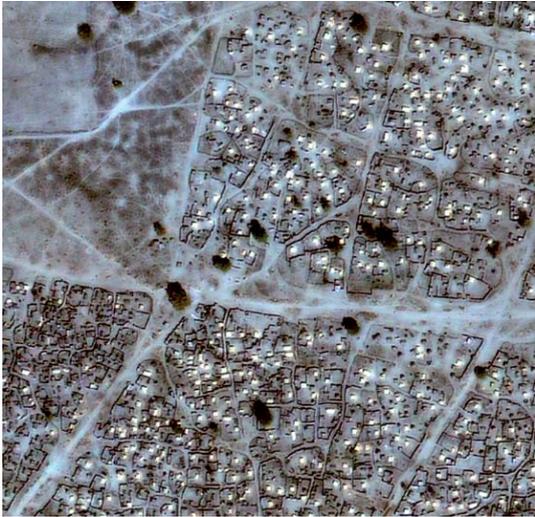
- TIEDE und BLASCHKE (2005) haben einen bidirektionalen Workflow zwischen der Informationsextraktion aus Fernerkundungsdaten und dem Update von vorhandenen GIS-Daten zur 3D-Visualisierung vorgestellt.

- GÖBEL et al. (2005) haben ein Datenbankmodell und einen Workflow für eine rasche Bereitstellung und für die Visualisierung von Geodaten für das *disaster management* entworfen.
- LANG und TIEDE (2005) haben für hochauflösende Satellitenbilder (Quickbird) eine pseudorealistische Vorabvisualisierung der Behausungsverhältnisse in einem sudanesischen Flüchtlingscamp (Goz Amer) im angrenzenden Tschad demonstriert.
- STELZL et al. (2004) haben den Aufbau von Objektbibliotheken für die automatisierte Landschaftsvisualisierung zum Einsatz in der Feuerprävention beschrieben.
- MEISNER und SPARWASSER haben in zahlreichen Projekten – zum Beispiel während des SRTM-Fluges – die Machbarkeit einer sehr schnellen Integration großer Landschaftsmodelle praktiziert.

Im Rahmen des aus der Europäischen GMES-Initiative finanzierten Europäischen Exzellenznetzwerks GMOSS werden diese unterschiedlichen Ansätze zu operationellen Lösungen zusammengeführt. In diesem Beitrag wird basierend auf detaillierten Raster- und Vektordaten eine regionale Visualisierung demonstriert. Für eine möglichst realistische Darstellung wird eine Objektbibliothek für Vegetationsarten, Gebäude und Infrastrukturinformationen aufgebaut, um abhängig von Darstellungsmaßstab und der eingesetzten Visualisierungstechnik eine optimierte Geodaten-Visualisierung zu ermöglichen.

Im Rahmen des Demonstrationsbeispiels wurden nachfolgende Arbeitsschritte realisiert:

- Aufbereitung der unter Kapitel 2.2 beschriebenen Ausgangsdaten
- Automatische bzw. semi-automatische Informationsextraktion und Datenvorverarbeitung für ein virtuelles Landschaftsmodell basierend auf Satellitendaten, Information über die Landbedeckung, digitale Geländemodelle und zusätzliche GIS-Informationen
- Aufbau einer Objektdatenbank, die alle benötigten Vegetationsarten wie Bäume, Sträucher, Äcker oder Wiesen, aber auch sämtliche vorkommenden Bodenbedeckungen enthält, zum Beispiel Sand, Stein oder Asphalt.



**Abbildung 4** Ausschnitt der QuickBird-Szene

- Aufbau einer Objektdatenbank für generalisierte Gebäudeobjekte
- Visualisierung der Geodaten, basierend auf den in Kapitel 1.3 beschriebenen Visualisierungstechnologien.

## 2.2 Ausgangsdaten

Für das Demonstrationsbeispiel wurde der Ausschnitt einer QuickBird-Szene mit 11-bit radiometrischer Auflösung und 0,6 m Bodenaufösung verwendet, die im Rahmen des GMOSS-Netzwerks bereitgestellt wurde. Der Ausschnitt umfasst eine Fläche von 3,1 km<sup>2</sup> und deckt in Bezug auf relevante Behausungsstrukturen einen repräsentativen Teil des Camps ab. Zur besseren Wiedergabe des räumlichen Kontextes bei der Visualisierung wurden frei verfügbare SRTM-Höhendaten der Region verwendet (Abb. 4 und 5).

## 2.3 Informationsextraktion

Bilddaten bieten einen nahezu unendlichen Informationsgehalt. Zur gezielten Nutzung von Bilddaten als Informationsquellen für zeitkritische Entscheidungen müssen jene Bestandteile extrahiert werden, die für diese Entscheidungen eine Grundlage liefern. Die bildhafte Repräsentation von zum Beispiel einer Krisensituation ist zunächst einmal entscheidend für eine intuitive Erfassung. Das

menschliche Auge bzw. das Perzeptionssystem sind darauf spezialisiert, die Komplexität von bildhafter Information auf ein Ziel oder eine Entscheidung hin zu ordnen und die von uns als wesentlich erachteten Informationsbestandteile herauszufiltern. Andererseits sind bei der visuellen Analyse auch Grenzen gesetzt, was die Geschwindigkeit und die Genauigkeit einer quantitativ-analytischen Auswertung von Bilddaten betrifft. Die Vorteile einer computergestützten Informationsextraktion liegen darin, dass die Informationsgewinnung in wiederholbarer und nachvollziehbarer Weise geschieht und dass die Ergebnisse direkt für eine quantitative Analyse weiter genutzt werden können.

Die Nachahmung der menschlichen Wahrnehmung durch Algorithmen ist keinesfalls trivial, da Bilddaten ein räumliches Kontinuum (Reflexionswerte) repräsentieren, das nach verschiedensten Gesichtspunkten (spektrale Homogenität, strukturelle Eigenschaften, Muster) diskretisiert werden kann. Seit Jahren wird zum Teil durchaus erfolgreich versucht, über Verfahren der Mustererkennung mit Hilfe von Templates bestimmte Muster automatisiert zu erfassen (zum Beispiel Gesichtserkennung).

Eine etwas andere Herangehensweise besteht darin, die visuelle Interpretation in einzelne Schritte zu gliedern und diese modellhaft nachzubilden. Zunächst werden dabei Bildelemente generiert, die in weiterer Folge kategorisiert und schließlich in ihrem Vorkommen räumlich explizit charakterisiert werden. Durch Verfahren der Bildsegmentierungen wird das Bild in Bildregionen zerlegt, die bei ge-



**Abbildung 5** SRTM-Höhenmodell des Testgebietes



**Abbildung 6** Schematischer Ablauf Informationsextraktion Goz Amer

eigneter Parametrisierung die räumlichen Instanzen der entsprechenden Zielklassen repräsentieren (Abb. 6).

Zur Optimierung dieses entscheidenden ersten Schrittes ist die Anwendung von Verfahren der Bildvorverarbeitung nötig. Im Beispiel Goz Amer wurden die zugrunde liegenden QuickBird-Daten zunächst unter Verwendung des höher aufgelösten panchromatischen Kanals des Satelliten optisch geschärft (räumliche Auflösung danach: 0,6 m) und dann durch die Anwendung eines Hochpassfilters die Grenzlinien der Bildelemente und die linearen Strukturen noch stärker hervorgehoben. So konnten schließlich drei verschiedene Unterkunftstypen (flache weiße Zelte, höhere graue Zelte sowie braune kleine Hütten) extrahiert werden (LANG und TIEDE 2005). Zusätzlich wurden die linearen Strukturen als Zäune identifiziert (Abb. 7).

Die extrahierten Unterkünfte können hinsichtlich ihrer Anzahl und Verteilung durch Verfahren der Regionalisierung auf bestimmte räumliche Einheiten (regelmäßiges Raster, einzelne Sektoren des Flüchtlingslagers) bezogen werden. Das geschilderte Verfahren der Informationsextraktion dient deshalb einerseits zur Quantifizierung (in diesem Fall der Anzahl der Unterkünfte), anderer-

seits stellt es auch die Anknüpfungspunkte für die anschließende 3D-Visualisierung bereit.

## 2.4 Aufbau von Objektdatenbanken in 3D-Visualisierungssystemen

Der objekt-basierte Ansatz der Informationsextraktion (siehe voriges Kapitel) ermöglicht den direkten Export von extrahierten Features in georeferenzierte Datenschichten und Datenbanken, so dass jedes extrahierte Feature im GIS-Datensatz repräsentiert wird. In den zugehörigen Attributen werden sowohl die Klassifikation, als auch weitere extrahierte Zusatzinformationen gespeichert. Die Visualisierung der Objekte kann dann sowohl in 3D-GIS-Applikationen aber auch in externer Visualisierungssoftware erfolgen, die natürlich in der Lage sein müssen, diese Datensätze einzulesen. Die pseudo-realistische 3D-Visualisierung erfolgt dann über die Darstellung von entsprechenden 3D-Symbolen an den extrahierten Features. Die Qualität der 3D-Visualisierung hängt demzufolge auch von der Qualität der für das jeweilige Gebiet bzw. die jeweilige Fragestellung zur Verfügung stehenden Objektdatenbank ab.

Grundlage für die 3D-Visualisierung der Interessensgebiete ist der Aufbau eines vollständigen

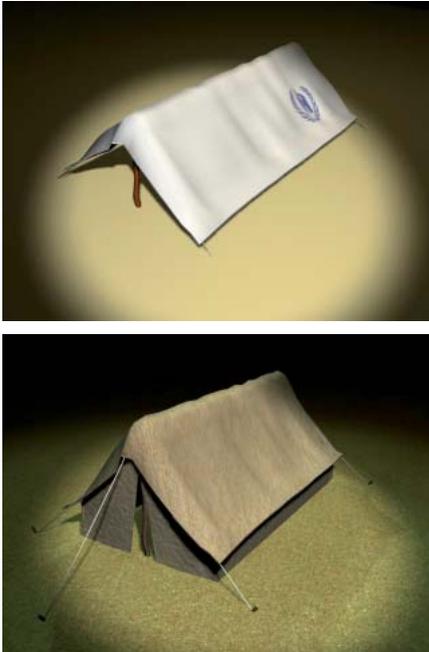


Abbildung 7 3D-Objekte im Beispiel Goz Amer

3D-Landschaftsmodells. Für die Texturierung wird eine Objektdatenbank aufgebaut, die alle benötigten Vegetationsarten wie Bäume, Sträucher oder Wiesen, aber auch sämtliche vorkommenden Bodenbedeckungen wie Lehm, Schotter oder Erdboden enthält. Das Erscheinungsbild dieser Oberflächen ist aber nicht nur vom jeweiligen Typ des Untergrundes (Lehm, Schotter usw.), sondern auch vom Standort abhängig. So treten beispielsweise kahler Erdboden in Nord- und Zentraleuropa vorwiegend als lehmige Flächen oder als Braunerden zu Tage. In Südeuropa erscheinen vergleichbare Flächen jedoch wegen des gehäuften Auftretens mediterraner Roterden (*terra rossa*) phänologisch unterschiedlich. Diese regionalen Unterschiede gilt es zumindest in größeren Zusammenhängen zu berücksichtigen.

Weiter muss die Objektdatenbank auch 3D-Objekte für Gebäude, Dämme usw. enthalten. Die Datenbank ermöglicht die Kombination einzelner Objekte zu künstlichen Ökosystemen, um Verteilungen nachzubilden, wie etwa bestimmte Wälder. Als Eingangsdaten können hier sowohl echte 3D-

Objekte als auch 2D-Bilder eingesetzt werden. Vegetationsarten sind durch 2D-Objekte durchaus gut zu simulieren, diese sparen vor allem Renderzeit. Dabei werden die 2D-Bilder auf dem Boden stehend immer zur Sichtachse der Kamera gedreht und durch Schatten eine Pseudo-3D-Darstellung erzeugt. Objekte wie Häuser, Brücken oder Dämme müssen als echte 3D-Objekte eingesetzt werden, um eine realistische Darstellung zu erreichen.

Für das Beispiel Goz Amer wurde beispielhaft eine kleine 3D-Objektbibliothek erstellt. Diese enthält wenige, aber sehr detailgetreue Objekte, die als relevante Zielobjekte/Zielklassen im Flüchtlingslager identifiziert bzw. extrahiert und visualisiert werden mussten. Die 3D-Objekte wurden im Programm 3D Studio Max erstellt und als \*.3ds-Dateien und Shockwave-Symbole bereitgestellt. Des Weiteren wurde mit generalisierten Symbolen für Bodenbedeckung und Vegetation gearbeitet. In diesem Fall lag der Schwerpunkt auf speziell extrahierten Features, die als 3D-Objekte dargestellt werden. Für diese Fragestellung weniger wichtige Bereiche wurden als flächig texturierte Bereiche dargestellt.

Bei entsprechender Qualität der Informationsextraktion können nicht nur die einzelnen Features semi-automatisch extrahiert werden, sondern zusätzlich noch Größenabschätzungen, Ausrichtung und ähnliches. Durch automatische Ausrichtung der Objekte aus der 3D-Objektdatenbank wird dadurch eine noch bessere und genauere Abbildung der Realität erreicht (bei ähnlich schneller Visualisierung).

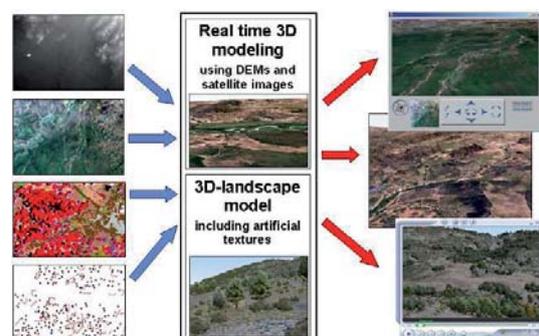
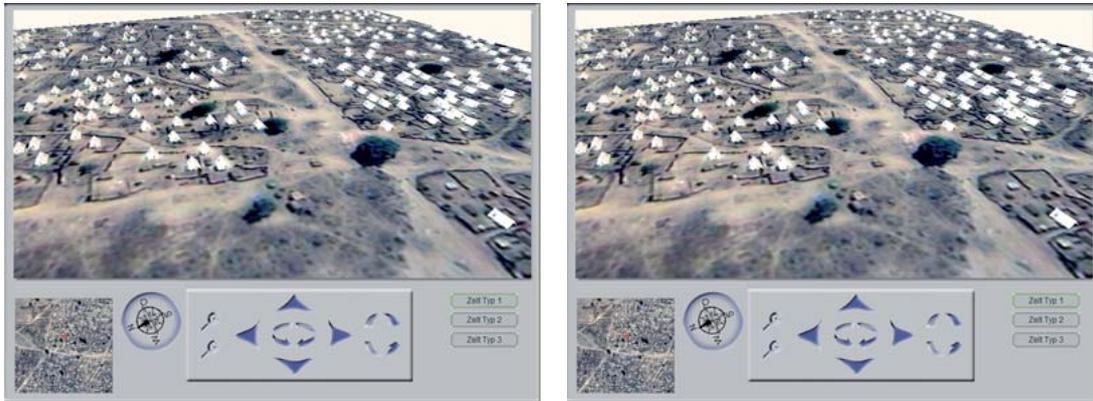


Abbildung 8 Überblick für die Visualisierung von Geodaten



**Abbildung 9** Echtzeit 3D-Darstellung eines Bereichs mit Zelten von Goz Amer (links) und vorprozessierte Animation (rechts)

Die Objektdatenbanken müssen an die Möglichkeiten der Informationsextraktion angepasst sein. Nur das, was sich aus Fernerkundungsdaten extrahieren lässt, kann dann auch schnell visualisiert werden. Existierende Objektbibliotheken, wie sie in vielen Visualisierungsprogrammen vorhanden sind, decken dagegen meist viel zu unspezifisch bestimmte Bereiche ab.

## 2.5 Visualisierungsergebnisse

### Datenvorverarbeitung

Die Realisierung der Landschaftsmodelle erfolgte auf Basis der für das Testgebiet existierenden Raster- und Vektordaten sowie der daraus abgeleiteten Datensätze (vgl. Kapitel 1.2). Abbildung 8 zeigt eine Übersicht der Geodaten, die für die Visualisierung herangezogen und kombiniert wurden. Darunter fallen:

- ein entsprechend den Anforderungen aufbereitetes, digitales Höhenmodell,
- eine visuell optimierte natürliche, bzw. künstliche Textur,
- die Klassifizierungsmasken (Infrastruktur, Vegetation usw.),
- Objekte aus der Objektbibliothek (Zelte, Bäume usw.).

### Ergebnisse der Visualisierung

Zur Demonstration der Möglichkeiten im Bereich der Echtzeitvisualisierung wurde das in Kapitel 1.3

(Landschaftsvisualisierung) beschriebene clientseitige Rendering eingesetzt. Zur Programmierung des Clients wurde das Produkt *Shockwave3D* von Macromedia verwendet, das unter anderem die Vorteile einer einfachen Programmierung der Benutzer-Interaktion, dynamische Integration externer Daten und die Unterstützung von DirectX bzw. OpenGL bietet. Aus der Kombination eines digitalen 8-Bit-Höhenmodells und einer hoch auflösenden Textur auf Basis einer Landsat-TM- bzw. Quickbird-Szene wurde dabei für einen Teil des Testgebiets im Tschad eine interaktive dreidimensionale Landschaftsdarstellung erstellt. Abbildung 9 (links) zeigt das Ergebnis der Entwicklung.

Neben der reinen Landschaftsdarstellung wird hier auch die Infrastruktur in Form zusätzlicher 3D-Objekte integriert. Dabei werden verschiedene Zeltmodelle aus der in Kapitel 2.4 beschriebenen Objektbibliothek herangezogen und ihrer Position in der Landschaft automatisch zugeordnet. Diese Zuordnung basiert auf einer im Vorfeld aufbereiteten Klassifizierungsmaske. Diese enthält die genaue Position der Zelte und ihren Typen. Die Integration zusätzlicher Objekte ermöglicht es, das Gebiet sehr realitätsnah darzustellen. Die drei verschiedenen Zelttypen können vom Benutzer je nach Bedarf zur Darstellung ausgewählt werden. Diese Interaktionsmöglichkeit bietet den Vorteil, dass der Anwender einerseits eine sehr detaillierte Information zu einem Gebiet bekommt, andererseits aber auch selber die Anzahl der relevanten

Informationen kontrollieren kann. Zu den einblendeten Objekten steht neben einer kurzen Information in Form eines Tooltips auch die Verlinkung zu vorhandenen externen Informationen zur Verfügung. In einem weiteren Schritt ist neben der Darstellung der Zelte auch die Integration von Vektordaten (Straßen, Flüsse usw.) bzw. Vegetation vorgesehen.

Die weiteren Möglichkeiten der Interaktion beziehen sich auf die Navigation innerhalb der Landschaft. Der Client ermöglicht die Kameraführung in den vier Himmelsrichtungen, das Drehen der Szene und die genauere Betrachtung bestimmter Bereiche über eine Zoom-Funktion. Als Orientierungshilfe steht neben der Übersichtskarte, in der die aktuelle Kameraposition und Blickrichtung eingezeichnet ist, auch eine Windrose zur Verfügung. Speziell im unbekanntem und dreidimensionalen Raum kann der Benutzer ohne derartige Hilfen schnell die Orientierung verlieren.

Grundsätzlich unterscheidet sich der Workflow zwischen Echtzeitvisualisierung und vorprozessierter Animation in der Datenvorverarbeitung nicht. Lediglich bei der Darstellungsqualität gibt es hier zum Teil erhebliche Unterschiede. Vorprozessierte Animationen sind aufgrund der Möglichkeit längerer Rechenzeiten in der Lage, eine höhere Menge an Details in einer besseren Qualität darzustellen. Der Ersteller kann außerdem besser auf spezifische Phänomene optisch hinweisen und behält so die Kontrolle über die vermittelten Inhalte. Nachteile dieser Technik gegenüber der Echtzeitvisualisierung sind die fehlende freie Navigation und Interaktionsmöglichkeit des Betrachters im virtuellen Modell.

### 3 Diskussion der Ergebnisse

Komplementär zu den wissensbasierten Rapid-Mapping-Aktivitäten insbesondere im Zusammenhang mit humanitären Hilfsaktionen bietet die Visualisierung virtueller Landschaften neue Informationsebenen, die mit traditionellen Kartenprodukten oder Satellitenbildern nur eingeschränkt realisiert werden können. Entscheidend für den Einsatz dieser Techniken auf einer breiteren Basis ist jedoch eine hohe Geschwindigkeit bei der Datenaufbereitung. Voraussetzung hierfür ist eine

entsprechende Datenverfügbarkeit sowohl der digitalen Höhenmodelle als auch der hochauflösenden Satellitendaten als auch von weiteren Informationen, zum Beispiel von Vektordaten. Diese bilden die Voraussetzung für den Aufbau der geplanten Objektdatenbank und des Basis-Informationssysteme.

Durch die Informationsextraktion und die Quantifizierung der Ergebnisse findet eine zielgerichtete Transformation von Bildinformation statt, die schließlich entscheidungsrelevante Information bereitstellt. Die auf der Bildsegmentierung und -klassifikation aufbauende automatisierte Auswertung und Quantifizierung setzt voraus, dass Bildeinheiten sinnvoll erkannt und korrekt klassifiziert sind. Die Übertragbarkeit und Wiederholbarkeit ist durch die Erstellung von Regelwerken gegeben. Dadurch ist eine grundsätzliche logische Wissensbasis geschaffen, die direkt für Bildszenen einer ähnlichen Situation oder eines anderen Zeitpunkts verwendet werden kann. Die konkrete Parametrisierung ist jedoch gegebenenfalls anzupassen.

Die beschriebene Vorgangsweise bietet eine generelle Schnittstelle zwischen Bearbeitung und 3D-Visualisierung von Geoinformation. Somit wird eine Automatisierung des Visualisierungsprozesses geschaffen, die es ermöglicht, Erhebungs- und Analyseergebnisse entsprechend anschaulich und zeitgerecht zu präsentieren. Wesentlich dabei ist, dass nach der Erstellung der Grundlagendaten (DHM, Georeferenzierung, Klassifikation) und nach Aufbau der benötigten Objektdatenbanken (künstliche Ökosysteme) jede Veränderung in einem Gebiet ohne Mehraufwand sofort visualisiert werden kann. Damit wird dem Katastrophenmanagement ein wichtiges Werkzeug zur Verfügung gestellt.

### 4 Ausblick

Die hier diskutierte Zusammenführung unterschiedlicher Ansätze der Visualisierung ist ein erster Schritt interdisziplinärer Zusammenarbeit im Rahmen des EU-Netzwerks GMOSS. Die Arbeiten werden derzeit anhand laufender Projekte vertieft, insbesondere für sicherheitsrelevante Fragestellungen und für Naturkatastrophen. Ein zentrales Einsatzziel ist die Vorabinformation und das Training von Rettungsteams und die strategische Ein-

satzplanung bei Katastrophenfällen. Für den operationellen Einsatz in diesem Bereich muss allerdings eine Qualitätssicherung der einzelnen Schritte gewährleistet sein, sei es nun im Bereich der Bildvorverarbeitung, der Informationsextraktion oder der entwickelten Objektdatenbank. Nutzbarkeit und Operationalisierbarkeit der vorgestellten Produktionskette Kartographie „on demand“ hängen wesentlich von einem reibungslosen Zusammenspiel der ineinander greifenden methodischen und anwendungsbezogenen Komponenten ab.

## Literatur

- ALMER, A, SCHNABEL, T, SCHARDT, M, STELZL, H (2004): Real-time visualization of geo-information focusing on tourism applications. In: International Workshop on Processing and Visualization using High-Resolution Images. ISPRS WG V/6 – Visualization and Animation. 18–20 November 2004, Pitsanulok, Thailand.
- GÖBEL, R, ALMER, A, BLASCHKE, T, LEMOINE, G, WIMMER, A (2005): Towards an integrated concept for geographical information systems in disaster management. In: van OOSTEROM, ZLATANOVA, FENDEL (Eds.): Geo-Information for Disaster Management, Springer-Verlag, Delft, 715–732.
- LANG, S, TIEDE, D (2005): Behausungsextrahierung und -visualisierung zur Bevölkerungsabschätzung im sudanesischen Flüchtlingslager Goz Amer (Tschad). In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2005, Wichmann-Verlag, Heidelberg, 397–402.
- MEISNER, R (2000): Methoden der Computeranimation am Beispiel der Visualisierung geowissenschaftlicher Inhalte von Satellitendaten. DLR-Forschungsbericht 2000-39.
- STELZL, H, RAGGAM, H, SACHERER, O, ALMER, A (2004): Automatisierte 3D-Visualisierung von Geoinformation zur Unterstützung der Feuerprävention im mediterranen Raum. In: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2004, Wichmann-Verlag, Heidelberg, 644–649.
- TIEDE, D, BLASCHKE, T (2005): Bringing CAD and GIS together: a workflow for integrating CAD, 3D visualization and spatial analysis in a GIS environment. In: BUHMANN, E, PAAR, P, BISHOP, I, LANGE, E (eds.) Trends in Real-time Visualization and Partizipation. Wichmann-Verlag, Heidelberg, 77–87.