

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 107 (2009)

**Heft:** 6

**Artikel:** Moderne Verfahren für die visuelle dreidimensionale Präsentation der  
Topographie

**Autor:** Nocera, Rossella / Carosio, Alessandro / Bauer, Dirk

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-236613>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 05.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Moderne Verfahren für die visuelle dreidimensionale Präsentation der Topografie

Die dritte Dimension ist eine wichtige Komponente bei der Visualisierung von Geodaten. Da zurzeit geographische Objekte nicht vollständig in drei Dimensionen modelliert werden können, überlagert man zweidimensionale Geodaten mit digitalen Höhenmodellen (DHM), um die Höhe teilweise zu berücksichtigen. Die Höhenmodelle enthalten aber eine beschränkte Anzahl Punkte (unregelmässig verteilt oder in einem Gitter) und ermöglichen nur die Wiedergabe von regelmässigen und groben Geländeformen. Die vorliegende Publikation beschreibt verschiedene Verfahren zur Herstellung von wirklichkeitsnahen Perspektiven, mit welchen charakteristische Objekte mit Hilfe von DHM und von wenigen zusätzlichen Informationen realistischer rekonstruiert werden können.

*La modélisation 3D est une composante importante de la visualisation des géodonnées. Comme il n'est à ce stade pourtant pas possible de modéliser complètement des objets géographiques en trois dimensions, la solution alternative consiste à superposer des données bidimensionnelles avec un modèle numérique de terrain (MNT), pour tenir compte, au moins en partie, de l'altitude. Mais ces modèles numériques comportent un nombre limité de points (répartis de manière irrégulière ou en grilles), et ne permettent de représenter que des surfaces régulières et suffisamment grandes. La présente publication décrit différents procédés permettant de reconstruire des objets caractéristiques à l'aide de modèles numériques de terrain et de quelques informations supplémentaires, avec des résultats proches de la réalité.*

La terza dimensione è una componente importante nella visualizzazione di dati geografici. Attualmente non è possibile modellare completamente oggetti geografici in tre dimensioni. Si ricorre piuttosto a sovrapposizioni di dati geografici a due dimensioni con modelli altimetrici del terreno per prendere in considerazione, sia pure solo parzialmente, le altezze. Siccome i modelli altimetrici disponibili contengono solo un numero limitato di punti (disposti irregolarmente o su un reticolo) è possibile ricostruire solo forme regolari ed estese del terreno. La presente pubblicazione presenta una serie di procedimenti mediante i quali è possibile migliorare la qualità dell'informazione tridimensionale di oggetti caratteristici del territorio sulla base di modelli altimetrici semplici combinati con poche informazioni supplementari. La metodologia descritta permette di ricostruire il paesaggio a tre dimensioni in modo realistico e a costi contenuti.

R. Nocera, A. Carosio, D. Bauer

Geografische Daten werden in der Regel hauptsächlich planimetrisch (2D) erfasst und dargestellt. Die dritte Dimension wird in einfacher Form behandelt: Durch Höhenkurven und Einzelkoten in der klassischen Kartographie oder mit interpolierten digitalen Geländemodellen in den neuen Lösungen. Eine weitergehende Verwendung der dritten Dimension wür-

de den tragbaren Kostenrahmen sprengen. Trotz den heutigen leistungsfähigen Mittel der Informatik wählt man normalerweise diese einfachen Modellformen, um den Aufwand zu reduzieren. Trotzdem ermöglichen bereits diese begrenzten Lösungen eindrucksvolle dreidimensionale Datenanalysen in Form von perspektivischen Geländedarstellungen durch Kombination von planimetrischen Daten (Karten, GIS-Daten usw.) mit einfachen Höhenmodellen (DHM 25 usw.).

Mit der gleichen Technik können ebenfalls Geländeschattierungen berechnet, Höhenprofile von Strassen dargestellt und der Abfluss von auftretenden Niederschlägen modelliert werden.

Die heute angebotenen GIS-Software-Produkte enthalten die erforderlichen Funktionen in den 3D-Modulen. Sie kombinieren heterogene Informationen wie digitale Orthophotos, Rasterkarten oder vektorielle planimetrische Daten mit digitalen Geländemodellen und ergeben realistische Bilder, wenn man in relativ kleinem Massstabsbereich bleibt.

Sobald man aber in grösseren Massstäben die dritte Dimension verwenden möchte, werden die Anforderungen an die Höheninformation grösser. Gewöhnliche digitale Höhenmodelle (z.B. DHM25) genügen in vielen Fällen nicht mehr. Sowohl natürliche Gegenstände (Felskanten, Bäume, unregelmässige Wasserläufe) als auch vor allem kleine und grosse Bauwerke (Gebäude, Staumauern, Brücken usw.) lassen sich nicht leicht in 3D realistisch rekonstruieren.

In letzter Zeit wurden wesentlich bessere Höhenmodelle realisiert (DTMAV, DOM). Mit Laser-Scannern wird das Gelände aus der Luft abgetastet. Es entsteht so eine sehr grosse Menge Punkte mit dreidimensionalen Koordinaten, die eine viel bessere Beschreibung der Erdoberfläche (inkl. Bäume, Häuser, Fahrzeuge usw.) ergeben. Mit geeigneten Algorithmen rekonstruiert man dann die Geländeoberfläche (Filterung des Geländes, Nutzung der Doppelreflexionen im Wald usw.). Die Punktdichte (1 Punkt pro 1–2 Quadratmeter) und die Höhengenaugigkeit (wenige Dezimeter) ermöglichen eine relativ gute Rekonstruktion der Geländeform. Die Geländemodellierung wirkt realistisch für unregelmässige natürliche Formen (Wiesen, Waldoberflächen, Gletscher usw.). Sie ist aber trotz hoher Genauigkeit weniger geeignet für regelmässige Objekte wie Häuser, Strassen und Einzelbäume.

Ein wirksamer Lösungsansatz für diese Fälle ist die Überlagerung von klassischen Geländedarstellungen (für den natürlichen Teil des Geländes) mit CAD-Bildern

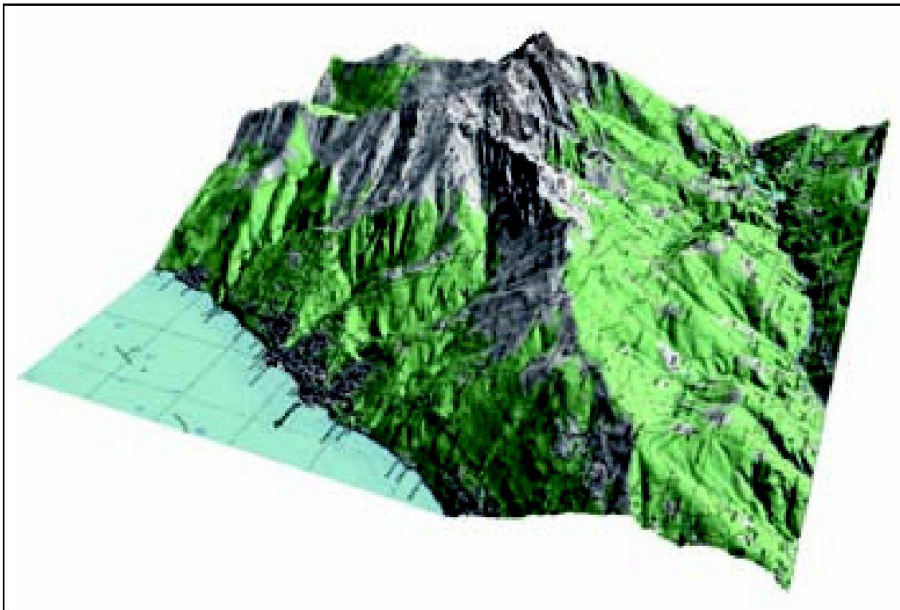


Abb. 1: Monte Gridone mit den Isole di Brissago (TI) aus dem DHM25 und der Pixelkarte 1:25 000. Daten: Bundesamt für Landestopografie, Perspektive RAVIS, Professur für Geoinformationssysteme und Fehlertheorie ETH Zürich (M. Zanini).

der anderen Objekte (in der Regel Bauten), wie man sie aus der Architektur kennt. Der Detaillierungsgrad der Objektmodelle kann unterschiedlich sein: von einfachen Prismen (mit konstanten oder gemessenen Höhen) für Gebäude bis zu Meisterwerken der Computergraphik mit photorealistischen Architekturdarstellungen. Da die Generierung der dreidimensionalen Objekte individuell stattfinden muss, ist diese Methode aufwändig, und man kann sie daher nur lokal einsetzen. Grossräumige Applikationen (Stadtmodelle) wurden ebenfalls realisiert. Sie erfordern aber grössere finanzielle Mittel.

Um realistische dreidimensionale Landschaften auch in ländlichen oder wenig besiedelten Gebieten generieren zu können, wurde am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich bereits in den 90er-Jahren eine Geo-Software entwickelt (RAVIS), mit welcher die Generierung von dreidimensionalen Objekten weitgehend automatisiert werden kann.

Die Grundidee des Verfahrens basiert auf dem vorhandenen Wissen über die Projektierungsregel der entsprechenden Bauwerke, die man dann für die Rekon-

struktion im dreidimensionalen Bild verwendet. Es genügt eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass der Projektierende diese Regel berücksichtigt hat. Abweichungen werden als eine Form der Generalisierung betrachtet. So weiss man zum Beispiel, dass Gebäude durch verti-

kale Wände abgegrenzt werden, dass Türme, Antennen und Strommasten vertikal sind usw. Dieses Wissen kann man verwenden, um die Darstellung zu steuern, wenn man die Bedeutung der geographischen Objekte kennt. Solche Techniken wurden an unserem Institut entwickelt, erprobt und eingesetzt.

Die ersten Anwendungen nutzten Mustererkennungstechniken, um in Pixelkarten Elemente zu identifizieren. Erkannte Gebäude, Einzelbäume, Kirchtürme usw. wurden dann mit geeigneten dreidimensionalen Symbolen dargestellt (Zanini 1998). Diese Techniken wurden als «wissensbasierte Visualisierung» bezeichnet. Heute stehen immer grössere Mengen Geodaten zur Verfügung, und die Bedeutung der geographischen Objekte kann direkt aus den Attributswerten eines GIS abgefragt werden. Bei der Rekonstruktion von dreidimensionalen Objekten sind aber weiterhin die expliziten geometrischen Informationen ungenügend.

In unserer Gruppe konnten in letzter Zeit zwei Forschungsprojekte abgeschlossen werden, die die bisherige wissensbasierte Visualisierung erweitern.

Einerseits wurde ein Verfahren realisiert,



Abb. 2: Melide. Reliefschattierung automatisch aus dem DHM25 berechnet. Darstellung in der Landeskarte 1:25 000. Daten Bundesamt für Landestopografie. Verarbeitung mit RAVIS (M. Zanini).



Abb. 3: St. Moritz (GR). Perspektive aus dem Übersichtsplan, DHM25, Waldflächen der Karte 1:25 000 und Anzahl Stockwerke der Wohngebäude aus der Gebäudestatistik (M. Zanini).

um für planimetrisch bekannte Objekte (Häuser, Waldbäume) aus einem hochgenauen Oberflächenmodell (DOM vom Bundesamt für Landestopografie) die Dach- oder die Wald-Höhe zu bestimmen. Diese Information kann dann mit weiteren Merkmalen der Objekte (Grundriss von Gebäuden, Überdachungen, Rampen, Waldgrenze usw.) kombiniert werden, um Bauwerke oder andere Elemente dreidimensional zu modellieren (Fabbri 2007), (Brugger 2008). In weiteren Schritten wäre dabei möglich, aufgrund von DOM-Koten auch Gebäudeteile zu identifizieren, um sie dann wirklichkeitsnah zu rekonstruieren.

Andererseits wurden komplexere Objekte in Betracht gezogen, bei welchen nicht nur das geographische Objekt rekonstruiert wird, sondern auch die Objektumgebung. Die bearbeiteten Beispiele waren Strassen, Eisenbahnlinien, Brücken und Tunnel (Bauer, Omlin 2008).

Da diese geographischen Objekte aufgrund von bekannten Regeln projiziert werden, können die geometrischen Elemente der dazugehörigen Geodaten

durch Beachtung solcher Regeln vervollständigt und dadurch wesentlich verbessert werden. Die Strassenachsen haben horizontal und vertikal einen regelmässigen Verlauf (keine Unregelmässigkeiten



Abb. 4: Lugano (TI). Perspektive aus der Pixelkarte 1:25 000 und DHM25, Einzelbäume, Gebäude und Kirchtürme automatisch in der Pixelkarte identifiziert (M. Zanini).

im planimetrischen und vertikalen Verlauf). Es gibt Grenzwerte für die Radien und für die Neigung. Dazu wird eine Strasse im Gelände so positioniert, dass möglichst wenige Erdbewegungen notwendig sind. Das Gelände neben der Strasse wird mit Böschungen (max. Neigung 2:3) oder mit Stützmauern dem Strassenverlauf angepasst.

Wenn der Höhenunterschied zwischen Gelände und Strasse zu gross wird, werden Brücken oder Tunnel gebaut. Diese Projektierungsregeln wurden im Visualisierungsprozess berücksichtigt, um automatisch eine Verbesserung der Geländeform zu bewirken und die entsprechenden geographischen Objekte in realistischer Art darstellen zu können (Bauer, Omlin 2008).

Der Geländeverlauf in der Umgebung von Verkehrswegen lässt sich gut mit ebenen Dreieckflächen modellieren (TIN-Strukturen). Diese lokale Darstellung wird dann mit der Höheninformation eines gewöhnlichen Höhenmodells kombiniert. Da die heute verfügbaren Höhenmodelle (z.B. DHM25) als Gittermodelle geliefert werden, muss das Visualisierungsprogramm in der Lage sein, sowohl TIN-Daten als auch Gitter-Daten gleichzeitig zu verarbeiten. Im Überlappungsfall muss

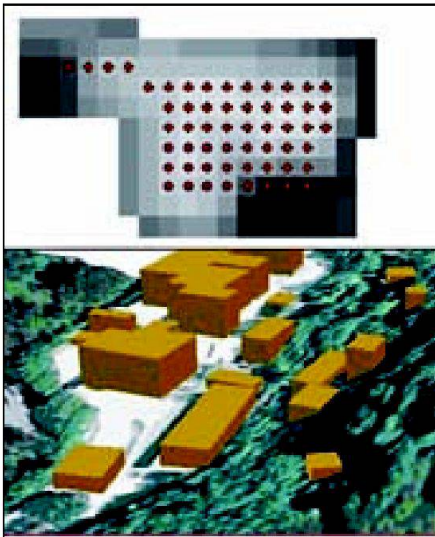


Abb. 5: Gebäudemodellierung aus Grundrissen und Höhen des digitalen Oberflächenmodells.

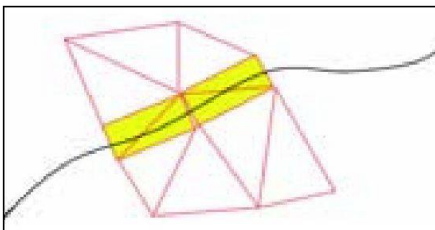


Abb. 6: Das Gelände kann mit Hilfe der Grundprinzipien des Strassenbaus aus der Strassenachse (Grundriss), dem Höhenmodell und dem Strassentyp rekonstruiert werden.

die Software eine Prioritätswahl zulassen und wo nötig eine Glättung der Übergänge vornehmen. Da solche Funktionalitäten in den handelsüblichen Produkten nicht zur Verfügung stehen, wurde die institutseigene Software Ravis entsprechend erweitert, um dreidimensionale Visualisierungen mit zwei überlagerten Höhenmodellen zu ermöglichen.

*Literatur:*

Stengele 1995: Stengele, R.: Kartographische Mustererkennung. Rasterorientierte Verfahren zur Erfassung von Geo-Informationen. IGP-Mitteilungen Nr. 54, 7/95, Dissertation.

Zanini 1998: Zanini, M: Dreidimensionale synthetische Landschaften - Wissensbasierte dreidimensionale Rekonstruktion und Visualisierung raumbezogener Informationen. IGP-Mitteilungen Nr. 66, 12/98, Dissertation.

Frischknecht 1999 Frischknecht, S.: Eine Abfragesprache für die Geometrie von Rasterelementen für die rasterorientierte kartographische Mustererkennung und Datenanalyse. IGP-Mitteilungen Nr. 69, 3/99, Dissertation.

Kanani 2000: Kanani, E.: Robust Estimators for Geodetic Transformations and GIS. IGP-Mitteilungen Nr. 70, 5/2000, Dissertation.

Graeff 2002: Graeff, B: Abfragesprache für geometrische und semantische Information aus rasterbasierten topographischen Karten. IGP-Mitteilungen Nr. 77, 10/2002, Dissertation.

Fabbri 2007: Fabbri C., Opportunità e limiti dei modelli digitali del terreno nella visualizzazione tridimensionale del territorio. IGP-Bericht Nr. 304, 10/2007.

Bauer, Omlin 2008 Bauer D., Omlin Ch.: 3D-Modellierung und -Visualisierung von Landschaften und Verkehrswegen mittels digitaler Geländemodelle, Vektordaten und Schweizer Landkarte. IGP-Bericht Nr. 307, 12/2008.

Brugger 2008: Brugger S.: Aspekte der dreidimensionalen Visualisierung der Landschaft. IGP-Bericht Nr. 307, 12/2008.

Carosio, Nocera 2009 Carosio A., Nocera R.: Moderne Verfahren der wissensbasierten Vi-

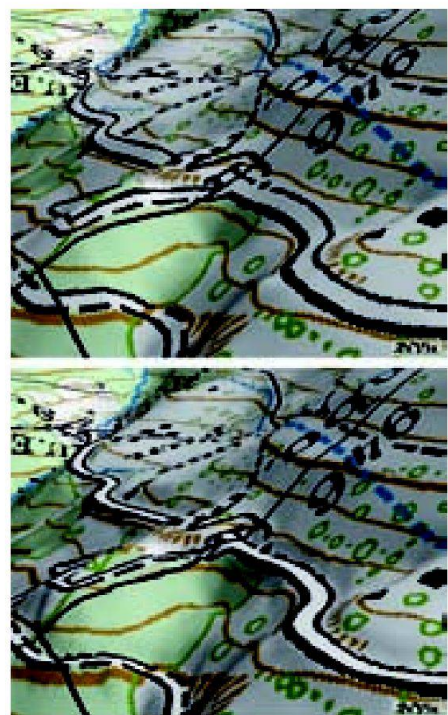


Abb. 7: Eine perspektivische Darstellung des Geländes mit dem verbesserten Höhenmodell im Bereich der Strasse ist realistischer.

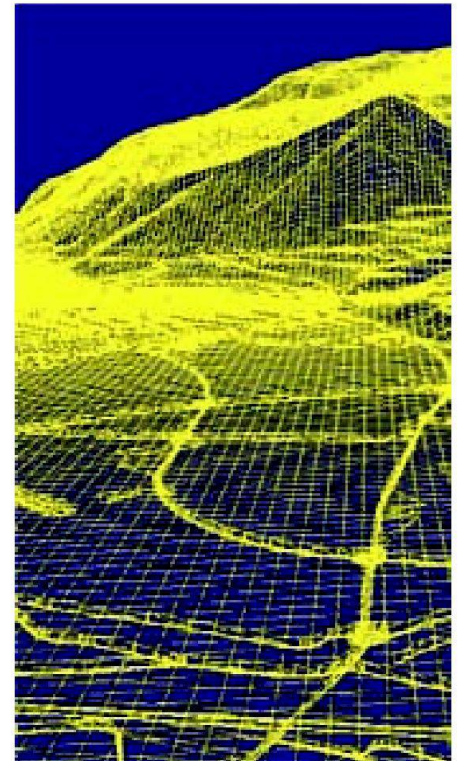


Abb. 8: Ein Höhenmodell mit Gitter- und TIN-Struktur, um das Gelände in der Umgebung von Strassen realistischer darzustellen.

sualisierung für die dreidimensionale Darstellung von Landschaften IGP-Bericht Nr. 307, 12/2008.

Prof. Dr. Alessandro Carosio  
ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP)  
Wolfgang-Pauli-Strasse 15  
CH-8093 Zürich  
carosio@geod.baug.ethz.ch

Prof. Dr. Rossella Nocera  
Università degli Studi del Molise  
Facoltà di Ingegneria  
Via Duca degli Abruzzi  
I-86039 Termoli (CB)  
rossella.nocera@unimol.it

Dr. Dirk Bauer  
ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP)  
Wolfgang-Pauli-Strasse 15  
CH-8093 Zürich  
dirk.bauer@gmx.ch