

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 99 (2001)

**Heft:** 2

**Artikel:** Computergenerierte Landschaftsansichten für Planung und Tourismus

**Autor:** Hoffmann, Hilko / Hirtz, Philipp / Meuret, Philippe

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235731>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

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

# Computergenerierte Landschaftsansichten für Planung und Tourismus

Im Rahmen des EU-Projekts «Cartesian» wurde ein Management Informationssystem entwickelt, welches wertneutrale Entscheidungsgrundlagen bei der Planung von neuen oder dem Ausbau von bestehenden Skigebieten liefert. Die realistische 3D-Visualisierung der verschiedenen Szenarien spielt dabei eine zentrale Rolle. Der nachfolgende Artikel beschreibt das angewandte Visualisierungskonzept und stellt ausgewählte Resultate vor.

*Dans le cadre du projet UE «Cartesian», un système d'information de management a été développé qui constitue la base de décision neutre lors de la planification de nouveaux champs de ski ou prévus d'être agrandis. Dans ces cas, la possibilité d'une visualisation réaliste en 3D des différents scénarios joue un rôle central. L'article qui suit décrit le concept de visualisation appliqué et présente des résultats choisis.*

Nel quadro del progetto UE «Cartesian» si è provveduto a sviluppare un sistema di gestione dell'informazione che fornisce una base decisionale neutrale nella progettazione di zone sciistiche nuove o già funzionali. Un ruolo determinante è svolto dalla visualizzazione tridimensionale reale dei diversi scenari. L'articolo seguente descrive il concetto di visualizzazione applicato e presenta alcuni risultati selezionati.

H. Hoffmann, Ph. Hirtz, Ph. Meuret,  
U. Frei, D. Nüesch

## Einleitung

In den dicht besiedelten Ländern Mitteleuropas führt die zunehmende Knappheit der Ressource «Raum» zu Konflikten bei deren Nutzung. Von der Raumplanung werden Antworten auf die Fragen erwartet, wie der verfügbare Raum optimal zu nutzen ist und welche Auswirkungen eine bestimmte Nutzung auf den Raum haben kann oder wird. Für die Nutzungsart «Tourismus» ist das Landschaftsbild von zentraler Bedeutung. Die realistische Visualisierung der Landschaft und der geplanten Veränderungen vermitteln den betroffenen Anwohnern und Entscheidungsträgern einen guten Eindruck vom zukünftigen Aussehen der Landschaft.

## Das Projekt «Cartesian»

Die Erschliessung von neuen bzw. die Erweiterung bestehender Skigebiete führen immer wieder zu emotional geführten

Diskussionen zwischen Befürwortern und Gegnern. Um solche Diskussionen zu versachlichen, wurde im Rahmen des EU-Projekts «Cartesian» [7] ein wertneutrales Management Informationssystem (MIS) aufgebaut. Mit Hilfe des MIS werden die relevanten Fragen für alle Interessengruppen transparent gemacht. Verschiedene Alternativen und Szenarien können entworfen, diskutiert und bewertet werden.

Cartesian wurde im Rahmen eines internationalen Konsortiums realisiert. Dieses bestand aus Forschungsinstituten, privaten Firmen sowie potenziellen Endbenutzern. Die Projektleitung oblag der niederländischen Firma «Resource Analysis». Die Abteilung Fernerkundung (Remote Sensing Laboratories, RSL) des Geographischen Instituts der Universität Zürich war verantwortlich für die 3D-Visualisierung des Fallbeispiels «Sion 2006». Der vorliegende Artikel präsentiert das im Rahmen von Cartesian angewandte Visualisierungskonzept, begleitet von einigen konkreten Anwendungsbeispielen.

## Testgebiet und Datengrundlagen

Im Rahmen der Kandidatur von Sion für die Durchführung der olympischen Winterspiele 2006 wurden umfangreiche Daten bezüglich der Umweltrelevanz der projektierten Anlagen erhoben. Als Fallbeispiel zur Integration in das MIS wurde der geplante Ausbau der Piste de l'Ours bei Veysonnaz (südlich von Sion) zur olympischen Wettkampfstätte gewählt. Dabei wurden u. a. dessen visuelle Auswirkungen auf das Landschaftsbild untersucht. Für die Visualisierungen standen neben den Planungsdaten (Rodungsflächen und Geländeänderungen) das digitale Höhenmodell DHM25, eine Landsat TM Winteraufnahme vom 15.02.1996, 13 Farbluftbilder vom 01.12.1998, die Pixelkarte 1:25 000 und das Landesforstinventar (LFI) zur Verfügung.

## Visualisierungskonzept

### Interaktivität

Die Visualisierungen sollten interaktiv sein, damit die Nutzer die Möglichkeit haben, die sie interessierenden Objekte in der virtuellen Landschaft genauer zu untersuchen, d. h. näher «heranzugehen», die Objekte aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten und Alternativszenarien einzublenden.

Interaktive Visualisierungen erfordern optimierte Hard- und Software, die schnell genug ist, um Nutzereingriffe in eine laufende Visualisierung, wie z. B. Änderung von Betrachterstandort oder Blickrichtung, verzögerungsfrei (in Echtzeit) in neue Bilder umzusetzen [2].

Die virtuelle Welt ist ebenfalls auf die Bildberechnung in Echtzeit optimiert. Alle geometrisch modellierten Objekte (Gelände, Wolken, Vegetation, Gebäude, etc.) bestehen aus Dreiecksnetzen und darübergelegten Texturen. Die Dreiecksnetze beschreiben dabei die Objektform, die Texturen die Objektfarbe. Darüber hinaus enthalten Texturen Strukturen, die im Dreiecksnetz nicht geometrisch nachmodelliert sind.

### Realismus

Weil auch fachfremde Nutzer, die wenig



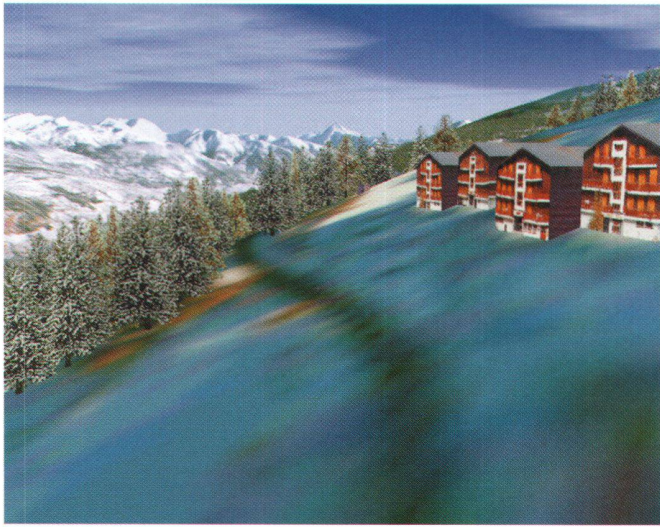


Abb. 1: Detailansichten im Zielbereich der Piste de l'Ours. Auflösung des Luftbildes ca. 3 m. (DHM25: © Bundesamt für Landestopographie; Luftbilder: © Schweizer Luftwaffe; Landsat TM Szene: © ESA / Eurimage.)

Erfahrung im Umgang mit Karten oder kartenähnlichen Darstellungen haben, die dargestellten Szenarien verstehen sollen, müssen die Visualisierungen dreidimensional und möglichst realistisch sein. Realismus bedeutet in diesem Rahmen, dass alle visuell wichtigen Elemente einer Landschaft auch in der virtuellen Welt glaubwürdig nachgebildet sind. Im Anwendungsbeispiel «Sion» sind folgende Elemente berücksichtigt:

### *Gelände*

Das Gelände wird mit einem triangulierten digitalen Geländemodell (DHM) und einer darübergelegten geospezifischen Geländetextur modelliert [6]. Die Geländetextur ist aus wolkenfreien Fernerkundungsdaten (Satelliten- und Farbluftbildern) abgeleitet. Die Anforderungen an die geometrische Qualität der Geokodierung sind dabei sehr hoch, da schon kleine Lageungenauigkeiten durch die dreidimensionale Darstellung auffallen und den Realismus bzw. die Glaubwürdigkeit empfindlich stören. Dies gilt besonders bei Texturen, die aus Luft- oder Satellitenbildmosaiken bestehen. An den Schnittkanten der Mosaik dürfen keinesfalls «Sprünge» im Verlauf von Strassen, Gewässern oder anderen linearen Strukturen sichtbar sein.

Atmosphärische Korrektur, Filterung, Farb- und Kontrastoptimierung helfen,

möglichst viele der in den Bilddaten enthaltenen Details herauszuarbeiten. Je mehr Details eine geospezifische Textur enthält, desto realistischer wirkt eine Visualisierung mit einer solchen Textur.

### *Wetter*

Die realistische Nachbildung von Wettersituationen in der virtuellen Welt kann die Wahrnehmung der dargestellten Inhalte fördern. So trägt z.B. eine glaubwürdige Sichtweite zur korrekten Distanzeinschätzung des Nutzers bei. Ansichten desselben Landschaftsausschnittes bei verschiedenen Wettersituationen helfen, allfällige Veränderungen des Landschaftsbildes besser zu beurteilen.

Aufnahmen von Wettersatelliten sind die Hauptdatenquelle für die Nachbildung realistischer Wettersituationen in der virtuellen Welt. Sie zeigen die Ausdehnung und teilweise auch den Typ der Bewölkung. Daten von Messstationen ergänzen diese Angaben um die Höhe der Wolkenuntergrenze und eine genauere Bestimmung der vorkommenden Wolkentypen [3].

### *Vegetation*

Vegetation ist in geospezifischen Geländetexturen bereits enthalten. Bei Betrachtungsabständen von weniger als ca. 4000 m sieht der Betrachter, dass Wald und Einzelbäume scheinbar flach auf dem Boden liegen. Dies stört die Glaubwür-

digkeit der Visualisierung. Deshalb wird Vegetation bei solchen Betrachterabständen dreidimensional dargestellt [5]. Jeder einzelne virtuelle Baum besteht aus ein oder zwei texturierten Dreiecken. Die Grösse der Dreiecke steuert die Baumhöhe und die horizontale Ausdehnung, die Textur legt die Baumart fest. Für jede vorkommende Baumart sind Fotos von einem oder mehreren Exemplaren nötig. Die Fotos werden mit einer Digitalkamera im Feld aufgenommen und zu transparenten Baumtexturen aufbereitet. Um einen möglichst realistischen virtuellen Wald zu erhalten, sind Daten über die genaue Waldausdehnung, Höhenstruktur und Artenzusammensetzung nötig. Die Waldausdehnung kann aus der Pixelkarte extrahiert werden. Höhenstruktur und Artenzusammensetzung sind in den LFI-Daten enthalten. Die LFI-Daten sind Punkt- und keine Flächenmessungen wie die Luftbildtextur. Ein LFI-Messpunkt repräsentiert eine Waldfläche von 1 x 1 km<sup>2</sup>. Das Modellierungsverfahren benötigt dagegen für jede Rasterfläche der Geländetextur eine entsprechend interpolierte LFI-Information. Die Interpolation ermöglicht fließende Übergänge zwischen den einzelnen LFI-Messpunkten, berücksichtigt aber nicht, dass in der Realität Artenzusammensetzung und Höhenstruktur keinesfalls fließende Übergänge aufweisen müssen.



## Gebäude

Um eine möglichst realistische Darstellung des Pistenbereiches zu erhalten, wurden hier zusätzlich die real vorkommenden Gebäude und die Gondelbahn Piste de l'Ours dreidimensional modelliert. Für die Modellierung eines Gebäudes sind Angaben zu Grundriss, Höhe und Dachform sowie Texturinformation der Objektseiten nötig. Mit einer eigens entwickelten Software wurde die Lage, der Grundriss und die Dachform aus dem Luftbildmosaik entnommen und die Fotografien, die mit einer handelsüblichen Digitalkamera vor Ort aufgenommen wurden, zu teil transparenten Haustexturen verarbeitet.

## Ergebnisse

Die Reaktionen vor allem von ortskundigen Personen auf die entsprechenden Visualisierungen «ihres» Berggebietes zeigen, dass realistische 3D-Landschaftsvisualisierungen zum besseren Verständnis der geplanten Situation beitragen können (vgl. Abb. 1). Die Bildberechnung in Echtzeit ermöglicht dabei die interaktive Bewegung in der virtuellen Welt und die Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Szenarien (vgl. Abb. 2) auf das Landschaftsbild aus beliebigen Blickwinkeln. Dem gegenüber stehen Einschränkungen

beim erreichbaren Realismus. Die Leistung der derzeit verfügbaren bzw. bezahlbaren Grafikkarte reicht noch nicht aus, um das Testgebiet mit der maximalen geometrischen Auflösung der Geländetextur, vollständig dreidimensional modellierten Waldflächen und Gebäuden darzustellen.

## Arbeitsaufwand

Den weitaus grössten Arbeitsaufwand erfordert die Aufbereitung der Fernerkundungsdaten zu qualitativ hochstehenden Geländetexturen. Die notwendigen Arbeitsschritte lassen sich nur begrenzt automatisieren. Die Triangulation des DHM ist dagegen voll automatisiert.

Die Modellierung einer Wettersituation ist weitgehend automatisiert und erfordert nur noch Handarbeit bei der Geokodierung der Wettersatellitenaufnahmen und der Auswahl von Steuerungsparametern. Je nach Wettersituation sind 10 bis 30 Minuten für die Modellierung zu veranschlagen.

Die Modellierung von Vegetation ist ebenfalls weitgehend automatisiert. Sind geeignete Baumtexturen vorhanden, beschränkt sich die nötige Handarbeit auf die Erstellung von Waldmasken und die Eingabe von Steuerungsparametern. Waldmasken können sehr einfach aus Waldklassifikationen, dem Grünauszug

der Pixelkarte oder in Zukunft aus den Daten der Amtlichen Vermessung 93 (AV93) abgeleitet werden.

Die Modellierung von Gebäuden ist dagegen sehr zeitaufwändig. Die Gebäudgrundrisse und Höhen sind für das Anwendungsbeispiel von Hand erfasst worden. Es existieren aber bereits Verfahren, mit deren Hilfe diese Arbeitsschritte weitgehend automatisiert werden können [1]. Die Aufnahme der Gebäudetexturen bleibt hingegen einstweilen noch Handarbeit. Der Aufwand für die Texturgewinnung ist signifikant niedriger, wenn nicht jedes Gebäude die eigene individuelle Textur erhält, sondern lediglich eine für die Region typische Gebäudetextur.

## Darstellungsmöglichkeiten

Echtzeit-Animationen benötigen entsprechend ausgestattete Grafikkarte, die nicht in jeder Situation verfügbar sind. Deshalb wurden alternative Darstellungsmethoden gesucht, die z.B. eine Verbreitung der Visualisierungen über das Internet ermöglichen sollen.

## Einzelbilder

Einzelbilder können als «Schnappschuss» aus einer Echtzeit-Animation in beliebiger Zahl gewonnen werden. Eine nachträgliche Komprimierung macht selbst grossformatige Bilder Internet-tauglich.



Abb. 2: Zielbereich der Piste de l'Ours: Links die Ausdehnung der Waldflächen (Stand 1999), in der Mitte die geplanten Rodungen (mit Rot markiert) und rechts das Aussehen des Zielbereiches nach der Rodung. (DHM25: © Bundesamt für Landestopographie; Luftbilder: © Schweizer Luftwaffe.)





Abb. 3: Panorama-Ansicht im Bereich der Piste de l'Ours. (DHM25: © Bundesamt für Landestopographie; Luftbilder: © Schweizer Luftwaffe; Landsat TM Szene: © ESA / Eurimage.)

Darüber hinaus eignen sie sich gut für Präsentationen, bei denen keine Möglichkeiten zur interaktiven Visualisierung bestehen.

### *Panorama-Ansichten*

Panoramabilder bieten zusammen mit geeigneter Software, z. B. der Software Hot-Media von IBM [8], eine Rundumsicht von einem festen Standort aus (vgl. Abb. 3). Darüber hinaus kann man in begrenztem Rahmen zoomen und den Blickwinkel in der Vertikalen um einige Grad verändern. Das Panoramabild selbst wird mit Hilfe einer Bildverarbeitungssoftware aus Einzelbildern zusammengesetzt, die zusammen den Rundumblick ergeben. Der maximale Zoomfaktor und Detaillierungsgrad, der mit der Panorama-Software möglich ist, entspricht der räumlichen Auflösung der Einzelbilder.

### *Vorgefertigte Animationen*

Während einer Echtzeit-Animation können alle Einzelbilder automatisch als Einzelbilder auf eine Festplatte geschrieben werden. Daraus lassen sich mit geeigneter Software digitale Videosequenzen z. B. im Apple Quicktime Format erzeugen. Diese Sequenzen können in Präsentationen eingebunden oder auch über das Internet verbreitet werden. Der Betrachter kann lediglich die Abspielgeschwindigkeit ändern.

### *Echtzeit-Visualisierung*

Echtzeit-Visualisierungen erlauben die freie Bewegung in der virtuellen Welt. Sie können entweder auf einem normalen Monitor oder auch für ein grösseres Publikum auf einer Grossleinwand mit einem oder mehreren Projektoren dargestellt werden. Letzteres unterstützt die – u. U. auch moderierte – Diskussion der dargestellten Landschaftsansichten und Szenarien in einer grösseren Gruppe.

Für den Einsatz solcher Visualisierungen beim Entscheidungsfindungs-Prozess im Rahmen eines MIS scheint diese Darstellungsart die Beste zu sein.

## Ausblick

3D-Visualisierungen können nicht nur fachfremde Nutzer sondern auch die Planer bei ihrer Arbeit unterstützen [4]. Hierzu muss jedoch die Anbindung der Visualisierungsapplikation an Werkzeuge wie CAD-Programme und GIS wesentlich enger sein als bisher. Interessant wäre auch die Planung im dreidimensionalen virtuellen Raum ohne den Umweg über zweidimensionale Pläne. Dabei gilt es stets zu beachten, dass die räumliche Auflösung der verwendeten Datengrundlagen mit dem Planungsstab kompatibel sind (siehe Abb. 1).

### Dank

Wir danken Tanja Grap und Michael Rossi für ihren Beitrag zu dieser Arbeit.

### Referenzen:

- [1] Grün A., Baltsavias E. P., Henricsson O. (Eds.): Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II). Proc. of the same International Workshop, 5.–9. May, Ascona, Switzerland, Birkhäuser Verlag, Basel, 1997.
- [2] Hirtz P., Hoffmann H., Nüesch D., Interactive 3D Landscape Visualization: Improved Realism Through Use of Remote Sensing Data and Geoinformation, Proceedings of Computer Graphics International 1999, Canmore, Alberta, Canada, 1999, pp. 101–108.
- [3] Hoffmann H., Realistische Darstellung atmosphärischer Effekte in interaktiven 3-D-Landschaftsvisualisierungen, Dissertation, Geographisches Institut Universität Zürich, 2000; im Druck.

[4] Lange E., Realität und computergestützte visuelle Simulation, Dissertation, ETH Zürich, 1998.

[5] Rossi M., Grossräumige photorealistische Visualisierung realer Waldbestände, Diplomarbeit, Geographisches Institut Universität Zürich, 1999.

[6] Suter M., Aspekte der interaktiven 3D-Landschaftsvisualisierung, Dissertation, Remote Sensing Series, Vol. 29, Geographisches Institut Universität Zürich, 1997.

[7] [www.cartesian.nl](http://www.cartesian.nl)

[8] [www.ibm.com/hotmedia](http://www.ibm.com/hotmedia)

Hilko Hoffmann  
Philipp Hirtz  
Philippe Meuret  
Urs Frei  
Daniel Nüesch  
RSL – Remote Sensing Laboratories  
Geographisches Institut  
Universität Zürich-Irchel  
Winterthurerstrasse 190  
CH-8057 Zürich  
[frei@rsl.geo.unizh.ch](mailto:frei@rsl.geo.unizh.ch)