

Zeitschrift: Anthos : Zeitschrift für Landschaftsarchitektur = Une revue pour le paysage
Herausgeber: Bund Schweizer Landschaftsarchitekten und Landschaftsarchitektinnen
Band: 32 (1993)
Heft: 2: CAD, GIS und digitale Bildverarbeitung = CAO, GIS et traitement numérique de l'image = CAD, GIS and digital image processing

Artikel: 2D 3D 4D = 2D 3D 4D = 2D 3D 4D
Autor: Hehl-Lange, Sigrid / Lange, Eckart
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-137148>

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: 14.03.2025

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

2D 3D 4D

Sigrid Hehl-Lange, Dipl.-Ing.
Landschaftsplanerin
Eckart Lange, Dipl.-Ing.
Landschaftsplaner, Master in Design
Studies
Institut für Orts-, Regional- und
Landesplanung, ETH Zürich

In der Landschaftsplanung werden mittlerweile CAD, digitale Bildverarbeitung und geographische Informationssysteme eingesetzt. Die dynamische visuelle Simulation als Kombination dieser drei Elemente ermöglicht das Planen und Entwerfen nicht nur in der zweiten, sondern auch in der dritten und vierten Dimension.

Einführung

Die reale Welt ist dreidimensional. Dennoch arbeiten Landschaftsplaner bis heute überwiegend in zwei Dimensionen, das heisst in Plänen und Schnitten. Dies vereinfacht zwar einiges für den Planenden, trägt aber nicht unbedingt zum besseren Verständnis der Pläne und Entwürfe bei. Durch die Verbindung eines digitalen Geländemodells mit simulierten Objekten durch CAD- und Bildverarbeitungssoftware können dynamische visuelle Simulationen (Definition siehe Zube et al. 1987) erzeugt werden. Mittels Animation, entweder Real-Time am Computer oder Frame-by-Frame auf Video, ist es sogar möglich, über die dritte Dimension hinaus die Illusion der Bewegung im Raum und damit die Zeitdimension (4D) einzuführen. Durch die Bewegung eines Objekts kann die räumliche Wahrnehmung sogar verbessert werden (Krömker 1990). Hauptsächlich an Beispielen des Lago Bianco (Berninapass) und des Bündler Rheintals sollen die Einsatzmöglichkeiten der computergestützten Visualisierung für die Landschaftsplanung aufgezeigt werden.

Historischer Rahmen

Eine adäquate Repräsentation der dreidimensionalen Welt ist nur möglich unter Einbezug von Breite, Höhe und Tiefe (x, y und z). Dies ist an sich nichts Neues. Modelle werden schon seit einigen hundert Jahren gebaut, und auch die perspektivische Darstellung wurde bereits in der Renaissance entwickelt. In den innovativen Illustrationen der «Red Books» vergleicht Repton (1803) den auf eine bewegliche Klappe gemalten Ist-Zustand mit der darunterliegenden, von ihm vorgeschlagenen Planung, um seinen Auftraggebern die Auswirkungen der geplanten Veränderungen besser vor Augen

2D 3D 4D

Sigrid Hehl-Lange, ing. dipl. architecte-paysagiste
Eckart Lange, ing. dipl. architecte-paysagiste, Master in Design Studies
Institut pour l'aménagement du territoire
aux niveaux local, régional et national,
EPF Zurich

Depuis quelque temps déjà, les systèmes CAO, le traitement numérique d'images et les systèmes d'information géographiques se sont imposés dans les bureaux d'étude d'aménagement du territoire. Combinant ces trois systèmes, la simulation visuelle dynamique transpose plans et projets non seulement en deux dimensions mais aussi en trois, voire en quatre dimensions.

Introduction

Notre monde réel se présente en trois dimensions. Pourtant, les architectes-paysagistes ont travaillé jusqu'aujourd'hui principalement en deux dimensions, c'est-à-dire en plans et en coupes. Bien que cette vision simplifie quelque peu le travail de l'architecte, il n'en reste pas moins qu'elle ne contribue pas vraiment à une meilleure compréhension des plans et des projets. Grâce à des logiciels CAO et de traitement d'images, il est possible de simuler des objets qui, appliqués à un modèle topographique numérique, engendrent des images visuelles dynamiques (définition, voir Zube et al. 1987). Par le biais de l'animation, soit en temps réel à l'ordinateur soit image par image en vidéo, il est même possible d'introduire, par delà la troisième dimension, l'illusion du mouvement et, partant, la dimension temporelle (4D). Le mouvement d'un objet permet même d'améliorer la perception spatiale (Krömker 1990). Le présent article se propose de mettre en lumière les possibilités d'application de la visualisation assistée par ordinateur en matière d'architecture paysagère, principalement sur la base des exemples du Lago Bianco (Col de la Bernina) et de la vallée du Rhin du canton des Grisons.

Cadre historique

Seule une prise en considération de la largeur, de la hauteur et de la profondeur (x, y et z) permet une représentation adéquate de la réalité tridimensionnelle. Ce qui, en soi, n'est pas nouveau. En effet, depuis plusieurs siècles déjà, on construit des maquettes, alors que la perspective est une notion née à l'époque de la Renaissance. Dans les illustrations novatrices des «Red Books», Repton (1803) superpose l'état

2D 3D 4D

Sigrid Hehl-Lange, Dipl.-Ing.
landscape planner
Eckart Lange, Dipl.-Ing.
landscape planner, Master in Design
Studies
Institute of Local, Regional and National
Planning, ETH Zurich

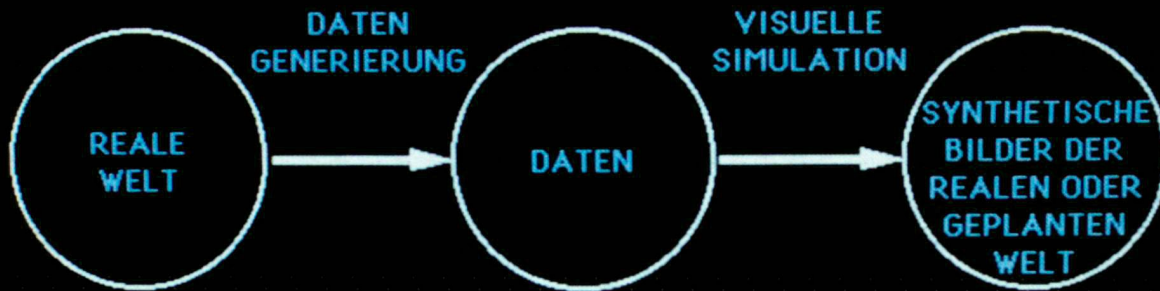
CAD, digital image processing and geographic information systems are nowadays employed in landscape planning. Dynamic visual simulation as a combination of these three elements makes planning and designing possible not just in the second dimension, but in the third and fourth dimension too.

Introduction

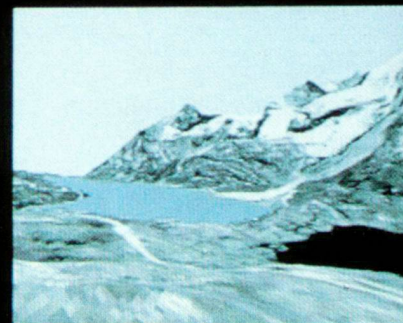
The real world is three-dimensional. Nevertheless, landscape planners have been working up to now for the most part in two dimensions, i.e. in plans and sections. This does, it is true, simplify some things for the planner, but does not necessarily contribute to a better understanding of the plans and designs. By combining a digital model of a terrain with simulated objects by means of CAD and image processing software, dynamic visual simulations can be generated (definition, see Zube et al., 1987). By using animation, either real time on the computer, or frame-by-frame on video, it is even possible – reaching out beyond the third dimension – to introduce the illusion of movement in the area and thus the dimension of time (4D). Through the movement of an object, the spatial perception of an object can even be improved (Krömker 1990). The possibilities offered by computer aided visualisation for landscape planning will be shown here, mainly taking examples from Lago Bianco (Bernina Pass) and the Rhine valley in the Grisons.

Historical framework

An adequate representation of the three-dimensional world is only possible by including width, height and depth (x, y and z). This is nothing new in itself. Models have been constructed for several hundred years, and perspective presentation had already been developed in the Renaissance. In his innovative illustrations for the «Red Books», Repton (1803) compares the actual state painted on a movable flap with the planning proposed by him lying beneath in order to be able to show his clients the effects of his planned changes better than with traditional planning graphics.



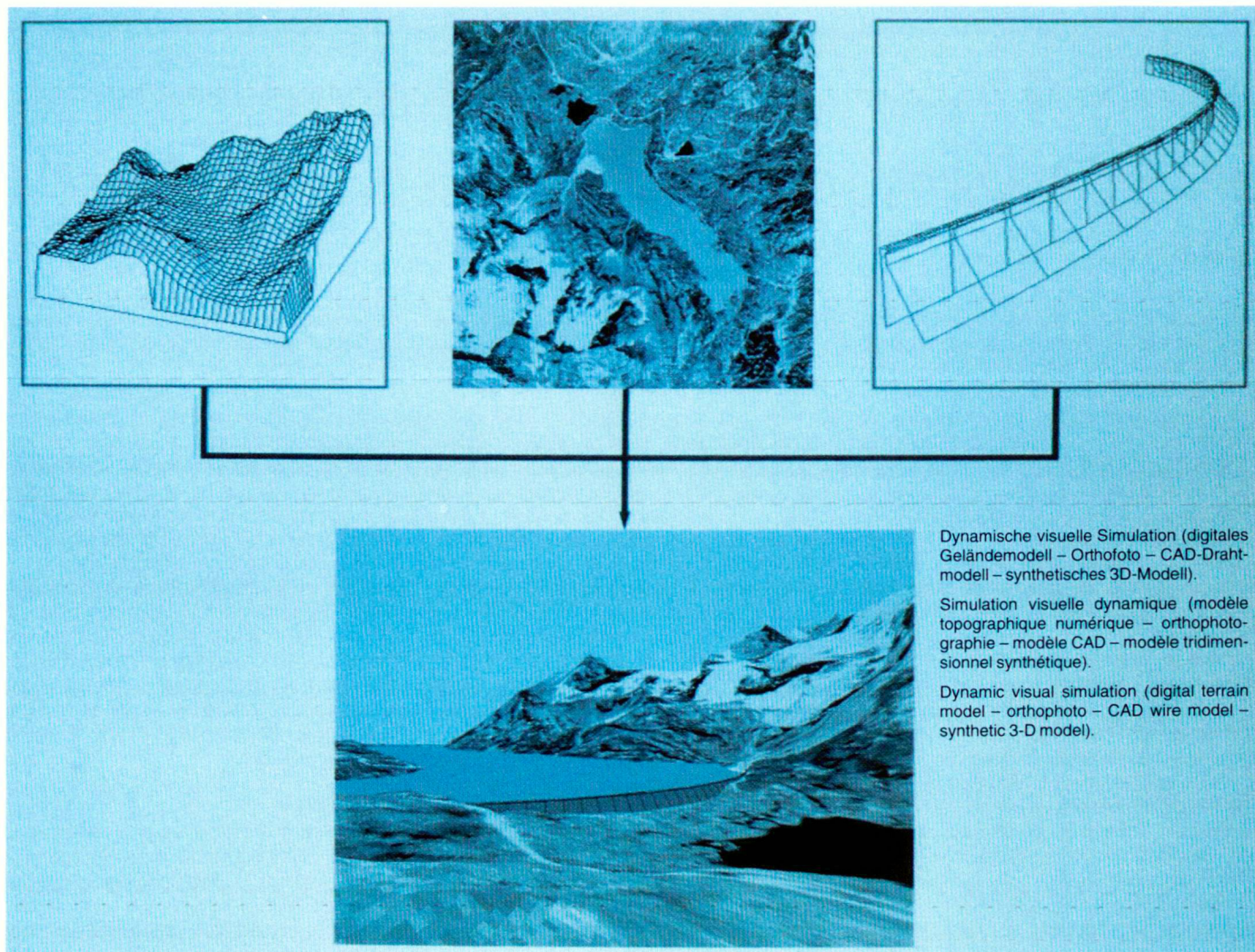
	0	VERTEX
SECTION	72	8
2	4	0
ENTITIES	0	10
0	VERTEX	154.3702
POLYLINE	8	20
66	0	196.3346
1	10	30
8	-0.6349	-10.0000
0	20	70



Realität und Simulation.

Réalité et simulation.

Reality and simulation.



führen zu können als mit der traditionellen Plangraphik.

Inzwischen hat seit ein «paar» Jahrzehnten – so lange ist es schon her – der Computer seinen Einzug in die Büros der Landschaftsarchitekten gehalten. War man anfangs schon glücklich, wenn man ein Textverarbeitungssystem erstens besass und zweitens auch noch meistert, so wurde inzwischen sogar in die Bereiche CAD, digitale Bildverarbeitung und geographische Informationssysteme investiert. Diese an sich fundamental unterschiedlichen Systeme, einerseits basierend auf 2D-Pixeln, andererseits auf 2D- und 3D-Vektordaten, scheinen immer mehr ineinander integriert zu werden, so dass diese Trennung schon bald obsolet sein dürfte.

Dynamische visuelle Simulation

Als visuelle Simulation bezeichnet Sheppard (1989) ganz allgemein jede dreidimensionale Darstellung eines geplanten Projekts, ob mit oder ohne Computer hergestellt.

Bei der digitalen Repräsentation ganzer Landschaften oder auch nur von Landschaftsausschnitten fallen erhebliche Datenmengen an. Daher können dynamische – Real-Time – Simulationen nur auf einer sehr schnellen Hardware-Plattform (zum Beispiel Silicon Graphics) mit spezieller Visualisierungssoftware durchgeführt werden.

Innerhalb einer synthetischen Landschaft, bestehend aus 3D-Modell, Orthofoto und CAD-Objekten, kann sich der Betrachter völlig frei (zum Beispiel mit der Maus) oder auf einem zuvor definierten Animationspfad bewegen. Der Betrachter ist also nicht an bestimmte vorgegebene Standpunkte gebunden. So ist es möglich, die geplante Landschaft zum Beispiel als «Spaziergänger», «Autofahrer» oder mit dem «Flugzeug» zu erkunden.

Digitales Geländemodell (DGM)

Die Geländeoberfläche der Schweiz ist bereits flächendeckend als sogenanntes Rimini-Modell im 250-m-Raster erhältlich. Wegen der relativ groben Maschenweite ist das Bundesamt für Landestopographie dabei, das sogenannte DHM25 zu erstellen – ein aus der Landeskarte 1:25000 abgeleitetes Höhenmodell im 25-m-Raster (Rickenbacher 1992). Bisher sind diese Daten jedoch noch nicht flächendeckend verfügbar.

Für die dynamische visuelle Simulation in der UVP Brusio war das Rimini-Modell zu grob bzw. das DHM25 nicht vorhanden. Daher mussten wichtige Punktkoordinaten wie zum Beispiel Berggipfel und die Höhenlinien des Untersuchungsgebietes mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (ARC/Info) digitalisiert werden. Anschliessend wird durch Triangulation der Linien- und Punktdaten ein digitales Geländemodell in Form eines TIN (Triangular Irregular Network) erzeugt, das wiederum in ein sogenanntes Lattice umgewandelt werden kann. Dieses Lattice entspricht in unserem Beispiel einem Raster mit einer Grösse von 4800 × 4800 m bei einer Auflösung von 6 m.

réal peint sur un rabat mobile au projet de planification qu'il propose à ses clients afin que ceux-ci puissent mieux visualiser qu'avec la traditionnelle représentation graphique plane les véritables effets que les modifications envisagées engendreront.

Entre-temps, voici «quelques» décennies déjà que l'ordinateur a fait son entrée dans les bureaux d'étude des architectes-paysagistes. D'abord heureux de posséder un système de traitement de texte, puis éventuellement de le maîtriser, on se mit ensuite à investir dans les domaines de CAO, de traitement numérique d'images et de systèmes d'information géographiques. Bien que fondamentalement différents, basés d'une part sur des données pixels à deux dimensions et d'autre part sur des données vectorielles à deux et à trois dimensions, ces systèmes se retrouvent de plus en plus souvent réunis, de sorte que cette distinction devrait bientôt être surannée.

Simulation visuelle dynamique

De manière générale, Sheppard (1989) entend par simulation visuelle toute représentation tridimensionnelle d'un futur projet, conçue par ordinateur ou non.

La représentation numérique de paysages entiers ou partiels requiert de considérables quantités de données. C'est pourquoi les simulations dynamiques – en temps réel – ne peuvent être réalisées que sur une plateforme machine extrêmement rapide (par ex. Silicon Graphics) à l'aide d'un logiciel de visualisation spécial.

A l'intérieur d'un paysage synthétique composé d'un modèle en trois dimensions, d'une orthophotographie et d'objets CAO, l'observateur peut se déplacer en toute liberté (par ex. à l'aide de la souris) ou emprunter un chemin d'animation déterminé au préalable. L'observateur ne dépend donc plus d'un certain point de vue prédéterminé: il ne tient désormais qu'à lui d'explorer le paysage futur au travers des yeux d'un «promeneur», d'un «automobiliste», voire même d'un «aviateur».

Modèle topographique numérique (DGM)

A l'heure actuelle, il existe déjà un modèle topographique, connu sous le nom de Rimini, pour l'ensemble du territoire suisse et dont l'équidistance des courbes de niveau se monte à 250 m. Entre-temps, insatisfait de cette structure grossière, l'Office fédéral de la topographie s'est attaché à établir un modèle hypsométrique numérique (appelé DHM 25), basé sur la carte topographique à l'échelle 1:25000 et dont l'équidistance des courbes de niveau est ramenée à 25 m (Rickenbacher 1992). Pourtant, ces données ne sont actuellement pas encore disponibles pour l'ensemble du territoire suisse.

A l'occasion de la simulation visuelle dynamique de l'UVP de Brusio, le modèle Rimini s'avéra trop peu précis, tandis que le modèle DHM 25 n'était pas encore disponible. C'est pourquoi il fallut numériser les importantes coordonnées cartésiennes, telles que les sommets des monta-

In the meantime, for a "couple" of decades – that is how long it has been – the computer has been making its entry into landscape architects' practices. If people were initially pleased firstly to actually own a text processing system and secondly also to master it, now they even invest in the fields of CAD, digital image processing and geographic information systems. These systems, fundamentally different in themselves, based on the one hand on 2D pixel data, on the other on 2D and 3D vector data, appear to be becoming increasingly integrated so that this division should soon be obsolete.

Dynamic visual simulation

Sheppard (1989) describes quite generally any three-dimensional representation of a planned project, whether produced with or without a computer, as being a visual simulation.

Considerable quantities of data are required for the digital representation of whole landscapes, or even just sections of landscapes. Therefore dynamic – real time – simulations can only be implemented on a very fast hardware platform (e.g. Silicon Graphics) using special visualisation software.

The viewer can move completely freely within a synthetic landscape consisting of a 3D model, orthophoto and CAD objects (e.g. using the mouse), or on a previously defined animation path. So the viewer is not bound to certain, predefined viewing points. This makes it possible to reconnoitre the planned landscape, for instance as a "pedestrian", "car driver" or "plane pilot".

Digital terrain model (DTM)

The terrain surface of the whole of Switzerland is already completely available in the Rimini model with a 250 m grid. In view of the relatively coarse mesh size, the Federal National Topographical Office is currently engaged in the production of the DHM 25 – an altitude model with a 25 m grid derived from the 1:25000 national map (Rickenbacher 1992). However, these data are not yet available for the whole country.

The Rimini model was too coarse for dynamic visual simulation in the environmental impact audit for Brusio, and the DHM 25 does not yet exist. Therefore, important coordinate points, such as mountain peaks and the contour lines of the area under study have to be digitalised with the help of a geographic information system (ARC/Info). Then a digital terrain model is generated in the form of a TIN (Triangular Irregular Network) by triangulation of the line and point data. This can then be transformed into a lattice. In our example, this lattice corresponds to a grid with a size of 4800 × 4800 m with a resolution of 6 m.

Orthophoto

In view of the distortions which an aerial photo has by comparison with a topographical map, it is not possible to lay the aerial photo directly over the DTM. It must first be geometrically reformed, i.e. corrected.

Orthofoto

Bedingt durch die Verzerrungen, die ein Luftbild gegenüber einer topographischen Karte aufweist, ist es nicht möglich, das Luftbild direkt über das DGM zu legen. Es muss dafür zuerst geometrisch umgebildet, das heisst entzerrt, werden. Sind der Ausschnitt des DGM und die Anzahl der Rasterpunkte identisch mit dem Ausschnitt des darüberliegenden digitalen Orthofotos und der Anzahl der Pixel, kann jeder Rasterzelle des DGM genau ein Pixel des Orthofotos zugeordnet werden.

Computer-aided design (CAD)

Um architektonische Elemente in das digitale Geländemodell integrieren zu können, müssen diese zunächst am Computer konstruiert werden. Anschliessend können die CAD-Objekte wie zum Beispiel die alten und die neuen Staudämme oder auch verschiedene Seepiegel in die synthetische Landschaft, bestehend aus dreidimensionalem Geländemodell und darüberliegendem Luftbild, eingesetzt werden. Die CAD-Objekte schneiden in das 3D-Modell ein, wodurch nicht sichtbare Kanten verdeckt werden.

Texture Mapping

Das Abbilden von Texturen auf Objekt-oberflächen wird als Texture Mapping bezeichnet. Somit können Materialien als gescannte 2D-Pixeldaten entweder streng repetitiv oder scheinbar zufällig je nach gewünschtem Ergebnis auf 2D- oder 3D-Objekte übertragen werden. Für das Beispiel aus dem Bündner Rheintal wurde eine Baumtextur der Grösse 256×256 Pixel auf ein 2D-Objekt übertragen, das automatisch immer der jeweiligen Betrachterposition zugewandt ist.

Die Rolle der visuellen Simulation in der Planung

Die visuelle Simulation stellt ein wichtiges, allgemein verständliches Medium dar, das sowohl für die Kommunikation innerhalb eines Expertengremiums von grosser Bedeutung ist als auch für die Verständigung zwischen den «Experten» und den «Laien» – «ein Bild sagt mehr als tausend Worte».

Das Variantenstudium einer Planung zum Beispiel in der Umweltverträglichkeitsprüfung kann interaktiv direkt am Computer in 3D durchgeführt werden. Verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten eines Projekts können eingelesen und miteinander verglichen werden. Dadurch wird eine vorausschauende Planung ermöglicht, anstatt später Nachbesserungen am Projekt vornehmen zu müssen. Gegenüber herkömmlichen Techniken wie zum Beispiel Fotomontagen, die nur selektive Ausschnitte bzw. Ansichten eines geplanten Projekts vermitteln, bietet die dynamische visuelle Simulation die Möglichkeit, dass der Betrachter sich frei, zum Beispiel mit der Maus, in einem Computer-Modell bewegen kann und das

gnes et les courbes hypsométriques à l'aide d'un système d'information géographique (ARC/Info). Ensuite, par la triangulation des données linéaires et ponctuelles, un modèle topographique numérique fut réalisé sous la forme d'un TIN (Triangular Irregular Network, réseau triangulaire irrégulier) susceptible à son tour d'être reconverti en une structure ordinaire (lattice). Dans notre exemple, cette structure correspond à une trame d'une grandeur de 4800×4800 m avec une résolution de 6 m.

Orthophotographie

Avant de pouvoir être appliquée sur un modèle topographique DGM, une vue aérienne doit être transformée géométriquement, c'est-à-dire restituée, et ce en raison des distorsions d'image qu'elle présente par rapport à une carte topographique.

Du moment que chaque unité de l'orthophotographie numérique à appliquer sur le modèle DGM et son nombre spécifique de pixels coïncident avec chaque unité du DGM et son nombre spécifique de points de trame, chaque cellule de trame du modèle DGM se voit attribuer exactement un pixel de l'orthophotographie.

Conception assistée par ordinateur (CAO)

Avant de pouvoir intégrer des éléments architectoniques dans un modèle topographique numérique, il est indispensable de les construire à l'ordinateur. Les objets CAO; par ex. les barrages d'accumulation anciens et nouveaux ou même des niveaux différents des eaux des lacs, peuvent alors être mis en action dans le paysage synthétique; celui-ci est constitué d'un modèle topographique tridimensionnel et de la vue aérienne correspondante qui lui est superposée. Dans un modèle tridimensionnel, les objets CAO évoluent sans être «transparents»: leurs contours non visibles restent en effet masqués.

Création d'un topogramme (texture mapping)

On désigne par «texture mapping» la représentation de textures sur des surfaces d'objets. Cette technique permet à des matériaux sous forme de données pixels scannées à deux dimensions d'être appliquées à des objets à deux ou à trois dimensions, soit de manière strictement répétitive, soit selon un schéma apparemment aléatoire, et ce en fonction du résultat désiré.

En ce qui concerne l'exemple de la vallée du Rhin du canton des Grisons, une texture d'arbre de 256×256 pixels a été reportée sur un objet à deux dimensions capable de s'adapter automatiquement à chaque position de l'observateur.

Le rôle de la simulation visuelle dans la planification

La simulation visuelle représente un important moyen que tout le monde comprend: elle intervient en tant qu'instrument de communication aussi bien au sein d'une réunion d'experts qu'entre «experts» et «profanes» – selon l'adage: «une image vaut mieux que des mots».

If the DTM section and the number of grid points are identical with the section of the digital orthophoto to be superimposed on it and the number of pixels, each grid cell of the DTM can be allotted exactly one pixel of the orthophoto.

Computer-aided design (CAD)

In order to be able to integrate architectural elements in the digital terrain model, these first have to be constructed on the computer. Then the CAD objects, such as the old and the new dams, or also different lake levels can be inserted into the synthetic landscape consisting of a three-dimensional terrain model and the aerial photo superimposed on it. The CAD objects cut into the 3D model as a result of which invisible edges are covered.

Texture mapping

The depiction of textures on object surfaces is called texture mapping. In this manner, materials can be transferred as scanned 2D pixel data, either strictly repetitively or apparently random, depending on the result required, onto 2D or 3D objects.

For the example from the Rhine valley in the Grisons, a tree texture of the size 256×256 pixels was transferred to a 2D object which is automatically always pointed towards the respective viewer's position.

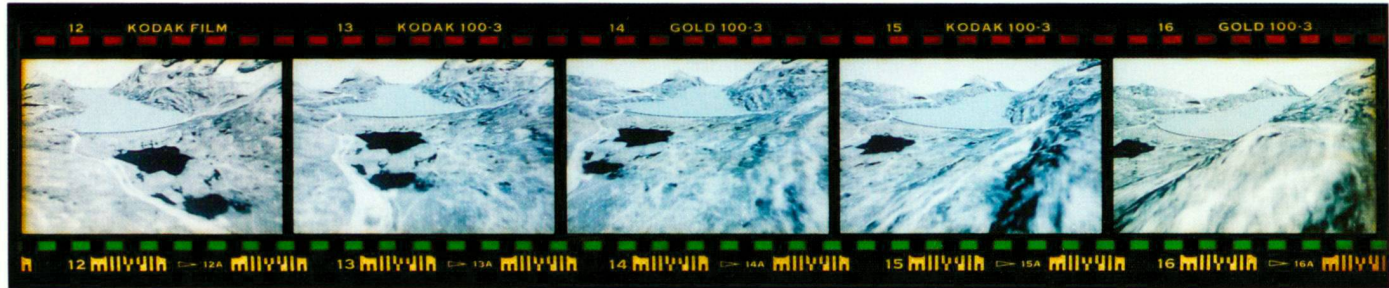
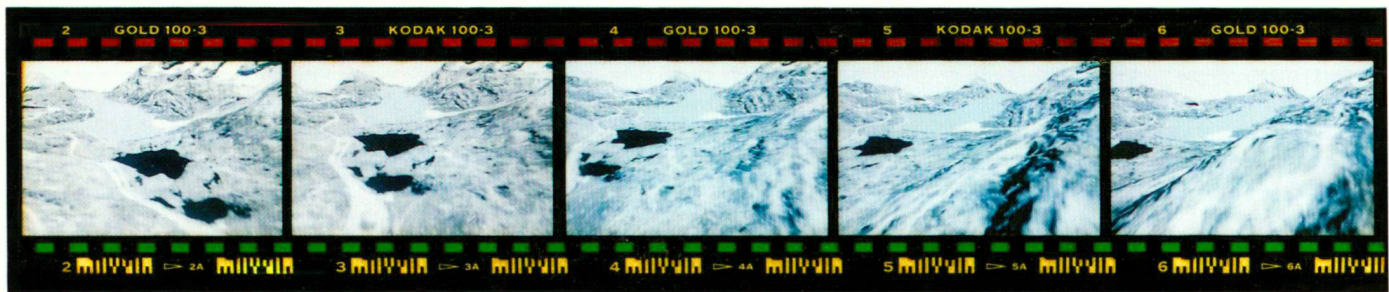
Visual simulation's role in planning

Visual simulation represents an important, generally comprehensible medium which is both of great importance for communication within a group of experts and for communication between the «experts» and «laymen» – «one picture tells you more than a thousand words».

The study of variants in a planning scheme, e.g. in the environmental impact audit, can be implemented interactively directly on the computer in 3D. Various design possibilities for a project can be read in and compared with one another. As a result, it is possible to have foresighted planning, instead of having to put right faults in the project later.

By comparison with traditional techniques, such as photo montages, which only show selective sections or views of a planned project, dynamic visual simulation offers the possibility of letting the viewer move freely, e.g. with the mouse, in a computer model, and of viewing the planned project from every desired viewpoint.

Visual simulation as a representation of future states thus represents an important basis for taking decisions on the spatial organisation of the landscape.



Oben: Animation: Lago Bianco, Bestand.
Unten: Animation: Lago Bianco, Planung.

En haut: Animation, Lago Bianco, état actuel.
En bas: Animation, Lago Bianco, projet.

Top: Animation: Lago Bianco, existing state.
Bottom: Animation: Lago Bianco, planned state.

geplante Projekt von jedem beliebigen Standpunkt aus betrachten kann. Die visuelle Simulation als Repräsentation künftiger Zustände stellt daher eine wichtige Grundlage dar, um Entscheidungen über die räumliche Organisation der Landschaft treffen zu können.

Il est ainsi possible d'étudier les variantes d'une planification, par exemple au niveau de l'impact sur l'environnement, de manière interactive en trois dimensions directement à l'ordinateur. Les différentes possibilités d'aménagement d'un projet peuvent être mémorisées puis comparées entre elles, ce qui évite de devoir apporter a posteriori des améliorations à un projet déjà terminé; la planification devient plus prévoyante.

Contrairement aux techniques traditionnelles, telles que les photomontages qui ne fournissent que des découpages sélectifs voire des vues d'un futur projet, la simulation visuelle dynamique permet à un observateur de se déplacer librement, par ex. au moyen de la souris, à l'intérieur d'un modèle machine et d'appréhender ainsi le projet à partir de n'importe quel point de vue.

C'est pourquoi la simulation visuelle, en tant que représentation d'états futurs, constitue une étape déterminante dans les prises de décision quant à l'organisation spatiale du paysage.

Literatur

Krömker, D., 1990: Animation und Simulation – Basistechnologien der Zukunft, CG topics 4, Vol. 2, S. 14–15.
 Repton, H., 1803: Observations on the theory and practice of landscape gardening, Taylor: London, Phaidon Press: Oxford, 1980 (facs.).
 Rickenbacher, M., 1992: Das digitale Höhenmodell DHM25 und seine möglichen Anwendungen in der amtlichen Vermessung, VPK 12, S. 735–737.
 Sheppard, S.R.J., 1989: Visual simulation, a user's guide for architects, engineers, and planners, Van Nostrand Reinhold, New York.
 Zube, E.H., Simcox D.E., & Law, C.S., 1987: Perceptual Landscape Simulations: History and Prospect, in: Landscape Journal, Vol. 6, No. 1, 1987, S. 62–80.



Luftgesamtbelastung im Bündner Rheintal: DGM25 überlagert mit topographischer Karte, Wald als Texture Mapping.
 Luftbild Berninapass, topograph. Karte 1:50000 und DHM25 Bündner Rheintal (reproduziert mit Bewilligung des Bundesamts für Landestopographie vom 24.2.1993).

Charge globale de l'air dans la vallée du Rhin du canton des Grisons: modèle DGM25 superposé à une carte topographique forêt en tant que «texture mapping». Vue aérienne du col de la Bernina, carte topographique 1:50000 et modèle DHM25 de la vallée du Rhin dans le canton des Grisons.

Overall air pollution in the Rhine Valley in the Grisons: DGM25 with superimposed topographical map, forest as texture mapping. Aerial photo of the Bernina Pass, topographical map 1:50000 and DHM25 Rhine Valley in the Grisons.