

Computergestützte 3D-Visualisierung der Landschaftsbildveränderungen am Beispiel Neubau Kraftwerk Ruppoldingen

Tessa FONFARA & Patrick VÖLLM

(Dipl.-Ing. Tessa FONFARA; e-mail: fonfara@orl.arch.ethz.ch;

Dipl.-Ing. Patrick VÖLLM, e-mail: voellm@orl.arch.ethz.ch;

beide: Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung (ORL), Eidg. Techn. Hochschule Zürich (ETHZ), ETH-Hönggerberg, CH - 8093 Zürich)

1. EINLEITUNG

Der Bau bedeutsamer Einzelobjekte, die erhebliche Auswirkungen und Belastungen auf die Umwelt verursachen können, werden im Rahmen des jeweiligen Genehmigungsverfahrens einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) gemäss der Umweltschutzgesetzgebung (USG Art. 9 und UVPV) unterzogen.

Ein wichtiger Bestandteil der UVP bildet dabei auch die Bewertung der Auswirkungen des Projekts auf das Landschaftsbild.

Vom ästhetischen Gesichtspunkt her betrachtet, stellen sich bei der Beurteilung der Landschaftsbildveränderung folgende Fragen:

- Wie sieht das Projekt aus?
- Wie wirkt es in der Landschaft?
- Von wo ist die Anlage sichtbar?

Das Projekt und die damit verbundenen Landschaftsbildveränderungen versuchte man bis anhin mit den herkömmlichen Mitteln wie Plänen, perspektivischen Zeichnungen, physischen Modellen und Photomontagen zu veranschaulichen. Pläne sind jedoch oftmals schwer verständlich und verlangen ein gutes Vorstellungsvermögen. Modelle sind zwar realitätsnah aber auch eher unhandlich, und Photomontagen zeigen nur stationäre selektive Ausschnitte des Vorhabens. Allfällige Änderungen und Alternativen des Vorhabens sind bei allen erwähnten Möglichkeiten nur schwer und mit erheblichem Aufwand in die Darstellungen einzubringen.

Als weiteres Element zur Projektvisualisierung kann die computergestützte visuelle Simulation eingesetzt werden. Die visuelle Simulation kann in Anlehnung an die Definition von SHEPPARD (1989) ganz allgemein als perspektivische oder dreidimensionale Darstellung eines Projektes im Kontext der Umgebung bezeichnet werden. In Gegensatz zu den traditionellen Darstellungstechniken ist die visuelle Simulation durch den Einbezug der dritten Dimension für jedermann verständlich. Weitere Vorteile der visuellen Simulation sind in der leichten Integration von Projektänderungen und der Möglichkeit eines interaktiven Variantenstudiums zu sehen.

Durch die Verbindung eines digitalen Geländemodells mit simulierten dreidimensionalen Objekten kann ein vollständig digitales Abbild der Landschaft und eines Vorhabens erstellt werden.

Am Beispiel des Flusskraftwerkneubaus Ruppoldingen im Schweizer Mittelland soll dargestellt werden, dass die computergestützte Simulation ein geeignetes und gut verständliches Mittel zur Projektvisualisierung bildet. Mit der visuellen Simulation des Vorhabens soll ausserdem beispielhaft dargelegt werden, dass die dreidimensionale Visualisierung von Eingriffen ins Landschaftsbild eine solide Grundlage zu deren systematischen Beurteilung im Rahmen einer UVP bilden kann. Der Aspekt des Landschaftsbilds wird dabei aus einer gesamtäumlichen Sicht betrachtet, das heisst, das Projekt wird nicht nur objektbezogen im engeren Bereich sondern auch im regionalen Umfeld beobachtet.

Des weiteren sollen die Möglichkeiten und Grenzen der visuellen Simulation aufgezeigt werden.

2. AUSGANGSLAGE UND NEUBAUPROJEKT

Das Kraftwerk Ruppoldingen wurde kurz vor der Jahrhundertwende als Kanalkraftwerk erstellt und in Betrieb genommen. Das Kraftwerk steht im schweizerischen Mittelland nördlich von Rothrist an der Aare, die die Kantonsgrenze zwischen den Kantonen Aargau und Solothurn markiert. Da die Wasserrechtskonzession des Kraftwerks im Dezember 1994 abgelaufen war, hat die Aare-Tessin AG für Elektrizität (Atel) als Betreiberin des Kraftwerkes ein Gesuch für eine neue Konzession vorbereitet. Im Zusammenhang mit dem Gesuch zur Konzessionserneuerung arbeitete die Atel AG ein Neubauprojekt für das Kraftwerk Ruppoldingen aus.

Das neue Kraftwerk ist als Flusskraftwerk konzipiert. Dabei wird die Aare zusätzlich aufgestaut, und die heutige Restwasserstrecke kann in eine freie Fließstrecke zurückgeführt werden. Die neue Anlage erlaubt eine Erhöhung der Stromproduktion von 5.8 auf 18.8 MW maximale elektrische Leistung.

2.1. Das Projektgebiet und seine Umgebung

Untersuchungsperimeter

Die Untersuchungen entlang der Aare erstrecken sich über eine Distanz von ca. 9 km (Murgenthal - Rothrist - Aarburg). Die Flusslandschaft wird im Norden durch den Born (719 m. ü. M.) begrenzt und dehnt sich nach Süden in die leicht hügelige Landschaft des Langholzes aus (höchste Erhebung: Tannacher, 509 m. ü. M.). Der gesamte Untersuchungsperimeter umfasst eine Fläche von ca. 45 km².

Der Aarelauf

Das Flusssystem der Aare wurde im letzten und in diesem Jahrhundert stark anthropogen verändert. Als Folge des Siedlungsdrucks im schweizerischen Mittelland wurden Anlagen zum Hochwasserschutz und zur Wasserkraftnutzung errichtet. Die Verbauungen und verschiedene Wasserkraftwerke haben die hydrologischen Verhältnisse und den Feststofftransport auch im Gebiet Ruppoldingen

stark beeinflusst. Das Geschiebe wird zurückgehalten und der Abfluss wird reguliert.

Die drei letzten freifliessenden Abschnitte der Aare zwischen Bielersee und der Einmündung in den Rhein bei Koblenz erstrecken sich gesamthaft auf eine Länge von ca. 15 km. Der längste dieser Abschnitte befindet sich oberhalb des Ruppoldinger Stauraums. Unterhalb der bestehenden Wasserrückgabe aus dem Kraftwerk Ruppoldingen schliesst eine weitere freie Fließstrecke von ca. 1 km an.

Landschaftsbild

Im Raum Rothrist wird das Landschaftsbild vor allem durch die Siedlungs- und Industriegebiete geprägt, die sich teilweise bis zur unmittelbaren Nähe der Aare ausdehnen. Im Bereich der Ruppoldinger Inseln sind das Maschinenhaus und das Wehr wichtige Elemente des Landschaftsbildes. Der Flusslandschaftsraum wird neben der Beanspruchung durch Siedlung und Verkehr (Eisenbahn, Hauptstrassen, Autobahn) auch landwirtschaftlich intensiv genutzt. Die Landwirtschaftsgebiete grenzen direkt an die Aareböschung.

In der stark anthropogen beeinflussten Flusslandschaft beschränken sich die natürlichen Lebensräume auf die unmittelbare Nähe des Flusses. Bedingt durch die starke Eintiefung der Aare in den Sandstein der mittelländischen Molasse ist der Flussraum teilweise sehr schmal und durch steile Uferböschungen abgegrenzt. Geeignete Flachufer im Bereich der Wasserspiegelschwankungen, die eine typische Auenvegetation begünstigen, befinden sich nur im unteren Stauraum des Kraftwerks Ruppoldingen und im Bereich der Ruppoldinger Inseln.

Die verbliebenen natürlichen Lebensräume im eigentlichen Wirkungsraum des Neubauprojektes be-



schränken sich auf

- die Ruppoldinger Inseln mit ihren Weichholz- und Hartholzauen und Pionierkrautfluren,
- die Boninger Inseln mit ihren Hartholzauen und
- die Hartholzauen bei Sandmatten.

Die natürlichen Lebensräume sind im Flussraum weit zerstreut, und ihre geringe Flächenausdehnung beschränkt zudem ihren Wert.

Ein weiteres natürliches Landschaftselement im Untersuchungsperimeter bildet der durchgehende Uferbestockungsstreifen entlang der Aare, der als wichtiges Glied im Naturverbundsystem am Lauf der Aare zu beachten ist.

2.2. Eingriffe ins Landschaftsbild

Als Haupteingriff des Projekts Kraftwerksneubau Ruppoldingen ist der zusätzliche Aufstau der Aare und die damit verbundene Wasserspiegelerhöhung um 2 m zu nennen. Die Änderung des Stauregimes hat Auswirkungen auf die Ursprünglichkeit und die Vielfalt der Fließdynamik, auf die Ufervegetation und das Flussrelief zur Folge.

Wichtigste bauliche Eingriffe des Projektes Ruppoldingen stellen der Neubau des Kraftwerkes und die dazugehörigen Zufahrten sowie der Abbruch des alten Maschinenhauses und der beiden bestehenden Wehre dar. Als weitere Beeinträchtigung des Landschaftsbilds gelten die mit dem Projekt verbundenen notwendigen Rodungen der Ufervegetation.

Als Folge der baulichen Veränderungen wird die heutige Restwasserstrecke in einen freifliessenden Abschnitt umgewandelt. An Stelle des heutigen Oberwasserkanals wird ein schnellfließendes, naturnahes Umgehungsgewässer geschaffen.

3. VISUELLE DYNAMISCHE SIMULATION

Die Kombination von digitalem Geländemodell und durch CAD und Bildverarbeitungssoftware simulierten Objekten ermöglicht eine vollständig digitale Nachahmung der Landschaft.

Ähnlich einer Landkarte, die eine abstrahierte zweidimensionale Darstellung der Realität aufzeigt, ist die dreidimensionale visuelle Simulation der realen Welt zu verstehen. Dabei wird die wirkliche Landschaft als abstrahiertes, komplett synthetisches Abbild in digitaler Form dargestellt. Die Komplexität und Diversität der Landschaft wird auf ihre charakteristischen Elemente reduziert und durch sie repräsentiert. Gegenüber den traditionellen Darstellungsmöglichkeiten lässt sich die dritte Dimension unter Einbezug von Breite, Höhe und Tiefe hinsichtlich der Raumwahrnehmung adäquat darstellen.

Im Gegensatz zur statischen visuellen Simulation, die wie Photomontagetechnik nur ausgewählte Abschnitte der Landschaft zeigt, hat der Betrachter bei der dynamischen Simulation die Möglichkeit, sich völlig frei (z. B. mit der Maus) im Computermodell der Landschaft zu bewegen und das geplante Projekt von jedem beliebigen Standpunkt aus zu betrachten. Sie erlaubt, die Landschaft und das geplante Vorhaben z. B. als Spaziergänger, Autofahrer oder mit dem Flugzeug zu erkunden.

Das Planen wird somit nicht nur in der zweiten, sondern auch in der dritten und durch die Bewegung im Raum auch in der vierten (Zeit-)Dimension möglich. Der Beobachtungsraum wird auf die ganze Region ausgeweitet und setzt das Projekt in Zusammenhang zu seinem Umfeld.

Eine grosse Stärke der computergestützten Simulation ist im leichten interaktiven Variantenstudium und in der Flexibilität des computergestützten Landschaftsmodells bei möglichen Projektänderungen zu sehen.

Beim Projekt Flusskraftwerk Ruppoldingen dient die dynamische Visualisierung zur Veranschaulichung und zur Darstellung des Projektes und der damit verbundenen Auswirkungen auf das Landschaftsbild. Die Visualisierung und die Gegenüberstellung des Ist-Zustandes und der Planung erlaubt zwar keine direkte Bewertung, bildet aber eine wichtige Voraussetzung zur Beurteilung der Landschaftsbildveränderungen.

Da bei der Simulation ganzer Landschaften erhebliche Datenmengen anfallen, wird, je höher der Detaillierungsgrad ist, desto mehr Speicherplatz benötigt. Das freie Bewegen im Computermodell erfordert eine

hohe Rechenintensität und damit eine sehr schnelle Hardware (z. B. Silicon Graphics) mit einer speziellen Visualisierungssoftware. Zur Visualisierung des Flusskraftneubaus und der Umgebung wurde die Software PolyTRIM vom Centre for Landscape Research der University of Toronto verwendet.

Die Animationen können entweder Real-Time am Computer betrachtet oder Bild für Bild auf Video aufgezeichnet werden.

4. DIE BAUSTEINE DER SYNTHETISCHEN LANDSCHAFT

Die Landschaft und ihre Charakteristika werden abstrahiert und generalisiert. In der Simulation wird das Gelände insgesamt aus sechs Bausteinen repräsentiert: Terrainmodell, digitales Orthophoto, Wald, Einzelbäume, Gebäude und das Projekt als solches.

4.1. Digitales Geländemodell

Seit kurzer Zeit ist die gesamte Geländeoberfläche der Schweiz flächendeckend als 'Digitales Höhen-Modell' (DHM25) erfasst. Das DHM25 wurde durch eine Analog-Digital-Wandlung aus dem Höheninformationsgehalt der Landeskarte 1:25'000 (LK25) abgeleitet. Das DHM25-Basismodell setzt sich aus vektorisierten Höhenkurven und Seekonturen sowie digitalisierten Einzelkoten zusammen. Das DHM25-Matrixmodell mit der Maschenweite von 25 m wurde durch Interpolation aus dem DHM25-Basismodell entwickelt. Das DHM25 gibt nur die Form der rohen Erdoberfläche ohne Bewuchs und Bebauung wieder (Bundesamt für Landestopographie 1993).

Das digitale Geländemodell (Matrixmodell) des Untersuchungsraums enthält bei einer Auflösung von 25 m Maschenweite 307 x 255 Höhenkoten auf eine Fläche von 45 ha.

Die Höheninformation des Geländemodells ist in einzelnen Bereichen zu wenig dicht, das heisst Geländesprünge, die innerhalb zweier Punkte auftreten - wie z. B. ein eingeschnittener Bachlauf -, bleiben dadurch unerkannt. Bei den Detailsimulationen des Vorhabens im Nahbereich wird daher auf genauere Daten zurückgegriffen. Im engeren Flussbereich wurden im Verlauf der Projektierung Höhenlinien (Aequidistanz 1 m / 0.20 m) und Punktkoordinaten mit Höhenkoten digital erfasst. Durch die Triangulation der Linien- und Punktdaten wird mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (ARC/INFO) ein digitales Geländemodell (DGM) in Form eines TIN (Triangulated Irregular Network) erstellt. Das TIN wird wiederum in ein Matrixmodell (Lattice) umgewandelt.

4.2. Digitale Bilddaten

Die Firma Swissair Photo und Vermessung AG hat im Rahmen des Swissphoto-Projekts flächendeckend die ganze Schweiz in digitale Orthophotos in Echtfarben mit einer Auflösung bis unter 1 m festgehalten.

Mit der hohen Auflösung steigt nicht nur die Genauigkeit der Bildinformation, sondern auch die Grösse der Graphikdatei. Zur Kombination des DHM und des Photos und zur späteren Real Time Animation wird folglich sehr viel Texture Memory benötigt.

Für die Simulation des Flusskraftwerkes stand nur das Luftbild (50 MBytes bei einer Auflösung von 72 Pixel / Inch) des entsprechenden Orthophotos zur Verfügung. Ein Luftbild weist gegenüber einer topographischen Karte Verzerrungen auf und kann daher nicht direkt über das Geländemodell gelegt werden.

Die Georeferenzierung des Luftbildes erfolgt mit dem GIS ARC/INFO. Über mehrere Referenzpunkte, deren relative Koordinaten aus dem Luftbild und deren absolute Koordinaten aus der topographischen Karte bekannt sind, wird das Luftbild orientiert und entzerrt.

Durch Texture Mapping wird das georeferenzierte Luftbild lagerichtig über das Geländemodell positioniert. Dabei muss der Ausschnitt des Geländemodells mit dem des Luftbildes übereinstimmen. Bei der Überlagerung wird jeder Rasterzelle des DHM ein ganzzahliges Vielfaches an Pixeln des Fotos zugeordnet.

Das Drapping des Bildes über das Geländemodell verursacht wiederum eine Verzerrung, die in der Vertikalen offensichtlich in Erscheinung tritt als die Verschiebung in der Horizontalen. Besonders deutlich ist

dies in sehr steilen Hängen zu beobachten. Die neu entstandene Verzerrung ist jedoch durch keine Korrektur zu beheben.

4.3. 3D-Objekte

Um den räumlichen Effekt und die Realitätsnähe zu verstärken, werden neben der Bildinformation noch Gebäude, Einzelbäume und ganze Waldgebiete im digitalen Modell dargestellt.

Um den zeitlichen Aufwand der Datenerfassung in einem vernünftigen Rahmen zu halten, wird auf zweidimensionale Daten zugegriffen, die schon vorhanden sind bzw. leicht erfasst werden können. Die zweidimensionalen Daten werden durch eine adaptive Datenstruktur mit den entsprechenden Höhenkoten Z erweitert, um auf die aufwendige Erhebung von dreidimensionalen Daten verzichten zu können. Dreidimensionale Objekte können im PolyTRIM direkt und weitgehend automatisch aus zweidimensionalen Daten erzeugt werden (HOINKES & LANGE 1995).

Zur Visualisierung des Flusskraftwerkneubaus wurden uns digitale zweidimensionale Daten der engeren Flusslandschaft, welche im Rahmen der Projektierung des Vorhabens erfasst wurden, zur Verfügung gestellt.

Die digitalen Daten werden mit dem GIS ARC/INFO aufgearbeitet. Fehlende Information wird aus den vorhandenen Planungsunterlagen digitalisiert.

Den Daten in Form von Punktdaten für Einzelbäume und Vektordaten für Gebäude- und Waldumrisse werden im GIS ARC/INFO Attribute zugeordnet. Die Attribute dienen zur Umformung der zweidimensionalen in dreidimensionale Objekte und enthalten somit Angaben zu deren Beschaffenheit. Im Fall von Punktdaten dient das Attribut zur Identifikation eines Insertionspunkts für einen Baum, bei Waldflächen enthält es Information zur Walddichte, und den Gebäuden wird durch das Attribut die Höhe zugewiesen.

Die zweidimensionalen Daten werden im PolyTRIM aufgrund der Attribute zu plastischen Gebilden umgewandelt und, referenziert durch das geladene Geländemodell, auf die entsprechende Höhe gesetzt.

Anschliessend kann der den örtlichen Gegebenheiten entsprechende Vegetationstypus auf die dreidimensionalen Waldgebilde aufgetragen werden. Dabei muss, wie in einer topographischen Karte, auf eine generalisierte Form bei der Darstellung des Waldes zurückgegriffen werden. Das heisst, ein eingescanntes digitales Bild eines Baumes oder einer Baumgruppe, das den jeweiligen Waldtypus charakterisiert, wird als Baumtextur verwendet. Mittels Texture Mapping werden die Waldvolumina repetitiv mit der Baumtextur überzogen. Das Texture Mapping setzt voraus, dass das Bild des Baums oder der Baumgruppe durch Masking-Techniken isoliert dargestellt wird. Alle Farbpixel, die nicht zur eigentlichen Baumtextur gehören und auch nicht dargestellt werden sollen, wie der Hintergrund, werden zuvor in schwarze Pixel umgewandelt.

4.4. Projekt

Um das eigentliche Bauvorhaben, das Flusskraftwerk, in die dreidimensionale digitale Landschaft integrieren zu können, muss es zunächst am Computer konstruiert werden. Die 3D-Vektordatenstruktur des mittels CAD entworfenen Flusskraftwerks kann als komplexes Attribut dem Grundriss zugeordnet und ins Geländemodell eingesetzt werden (Zanini Marc 1996).

5. FAZIT

Eine vollständige wirklichkeitsgetreue 3D-Modellierung von Landschaften ist aufgrund der Diversität und Komplexität der Umwelt technisch noch nicht möglich. Die visuelle Simulation erlaubt nur, ein Extrakt der realen Welt abzubilden. Die Landschaft wird mit wenigen charakteristischen Elementen abstrahiert dargestellt. Die visuelle Simulation ist als generalisierte dreidimensionale Projektion der Realität zu verstehen.

Trotzdem ist es erstaunlich, wie die dreidimensionale Visualisierung einer Landschaft im Gesamteindruck dem realen Bild nahe kommt.

Die dreidimensionale Simulation von synthetischen Landschaften und projektierten Vorhaben erlaubt eine Planung und deren Wirkung auf die Umwelt zu veranschaulichen. Sie hat jedoch stets nur einen beschreibenden und nie einen bewertenden Charakter. Als allgemein verständliches Medium, sowohl für den Experten wie auch für den Laien, kann sie als ein realitätsnahes und wichtiges Darstellungsinstrument eingesetzt werden. Im Rahmen einer UVP erlaubt der Einsatz der dreidimensionalen visuellen Simulation eine optische Kontrolle der Verträglichkeit und der Auswirkungen der Planung auf das Landschaftsbild. Sie bietet eine geeignete Grundlage zur Bewertung von Landschaftsbildveränderungen und ermöglicht ohne grossen Aufwand das Aufzeigen von Projektalternativen.

Sowohl die stationäre als auch die dynamische visuelle Simulation vermittelt dem Beobachter einen sehr realistischen Eindruck der Planung. Die stationäre Simulation bietet jedoch nur selektive Ausschnitte eines geplanten Projekts. Dagegen erlaubt die dynamische visuelle Simulation (z.B. in Echtzeit-Animationen) dem Betrachter die Möglichkeit, sich frei, z. B. mit der Maus, oder auf einem Animationspfad in der synthetischen Computerlandschaft zu bewegen. Der Betrachter ist also nicht an bestimmte, vorgegebene Standorte gebunden und kann das geplante Projekt von jedem beliebigen Standpunkt erkunden.

Der Einsatz der visuellen Simulation als Arbeitsinstrument und Entscheidungshilfe in der Raum- und Umweltplanung und nicht nur als Darstellungsinstrument, wie beim aufgezeigten Beispiel des Kraftwerks Ruppoldingen, ist dennoch möglich und denkbar. Interaktiv kann direkt am Computer ein Variantenstudium der Planung durchgeführt werden. Verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten eines Projektes können eingelesen, durchgespielt und verglichen werden und erlauben zu einem Planungsergebnis zu gelangen. Erfolgt dies in einer frühen Planungsphase, können Projektängel eventuell frühzeitig im Sinne einer vorausschauenden Planung erkannt werden.

Die visuelle Simulation erlaubt auch die vierte Dimension in die Planung miteinzubeziehen. Über verschiedene modellierte Entwicklungsschritte hinweg kann z. B. der Landschaftswandel eines Gebietes simuliert und die starke Dynamik, der die Landschaft unterworfen ist, aufgezeigt werden (HEHL-LANGE & LANGE 1996; LANGE 1996).

In den raumrelevanten Planungsdisziplinen lassen sich jedoch bis heute nur wenige Anwendungsbeispiele der visuellen Simulation finden.

Einerseits mag ein Grund in den hohen Anforderungen an die Datenerfassung und dem damit verbundenen grossen zeitlichen und wirtschaftlichen Aufwand liegen. Die Qualität der Simulation ist direkt abhängig von der Beschaffenheit und der Art der dargestellten Daten.

Andererseits bedarf die Visualisierung ganzer Landschaften, also die komplexe Datenmodellierung, einen nicht zu unterschätzenden technischen und zeitlichen Einsatz.

Der bereits stark eingesetzte Wechsel kartographischer Daten von der analogen in die digitale Umgebung, die Verfügbarkeit von immer besserem Bildmaterial, wie digitale Orthophotos in Echtfarben mit einer hohen Auflösung, sowie die ständige Weiterentwicklung der Hard- und Software, werden in Zukunft den Prozess der visuellen Simulation beschleunigen und verbessern. Der Stellenwert der dreidimensionalen Simulation mit ihren obengenannten Vorteilen wird künftig auch in der Raum- und Umweltplanung steigen.

LITERATURVERZEICHNIS

- Aare-Tessin AG für Elektrizität 1991: Neubau Kraftwerk Ruppoldingen, Bericht zur Umweltverträglichkeit 1. Stufe, Hauptbericht; Olten
- Aare-Tessin AG für Elektrizität, Holinger AG Ingenieure, RUS - Raum, Umwelt, Sicherheit (Environmental Management & Biosafety Consultants) 1995: Neubau Kraftwerk Ruppoldingen, Bericht zur Umweltverträglichkeit 2. Stufe, Hauptbericht; Olten
- Bundesamt für Landestopographie 1993: Digitales Höhenmodell DHM25 - Produkteinformation, Ausgabe 11.93; Wabern
- Danahy, John & Hoinkes, Rodney 1995: Polytrim: Collaborative Setting for Environmental Design. In: Proceedings CAAD futures '95 Singapore
- Hehl-Lange, Sigrid & Lange, Eckart 1993a: Digitale und analoge Visualisierung als Entscheidungshilfe in der Planung; Informationsheft Raumplanung 3-4/93, S. 24-27
- Hehl-Lange, Sigrid & Lange, Eckart 1993b: Landschaft heute - Landschaft morgen? Computergestützte visuelle Simulation in der Umweltverträglichkeitsprüfung am Beispiel des geplanten Ausbaus der Kraftwerke im oberen Puschlav; Die Zukunft

- der Kulturlandschaft, 25. Hohenheimer Umwelttagung, 29. Januar 1993 (Hrsg.: A. Kohler und R. Böcker); Verlag Josef Margraf, Weikersheim, S. 187-194
- Hehl-Lange, Sigrid & Lange, Eckart 1996: Braunkohleabbau in der Niederlausitz, Dynamische visuelle Simulation - Rekultivierung Tagbau Jänschwalde (Pilotstudie); Land Brandenburg, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung, ETH Zürich, Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung; Zürich
- Hoinkes, Rodney & Lange, Eckhard 1995: 3D for Free - Toolkit Expands Visual Dimensions in GIS; GIS World Vol. 8, No. 7, 1995, p. 54-56
- Lange, Eckart 1996: Kartographische Daten als Grundlage zur Synthese der virtuellen Welt, Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 1996 (Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien); Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, S. 110-119
- Sheppard, S. R. J. 1989: Visual simulation, a user's guide for architects, engineers and planners; New York
- Zanini Marc 1996: 3D-Modellierung und -Visualisierung kartographischer Raster- und Vektordaten, Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 1996 (Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien); Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, S.120-129