

Einleitung

In diesem Vortrag geht es weniger um die Visualisierung von Bauvorhaben an sich, was mit Hilfe von CAD-Programmen mittlerweile zum Stand der Technik gehört.

Es geht vielmehr um die Darstellung geplanter Bauvorhaben in der sie umgebenden Landschaft. Dies ist unter anderem erforderlich, weil nur wenige Menschen die Fähigkeit haben, Sachverhalte aus Bau- oder Grundrissplänen in eine dreidimensionale Vorstellung umzusetzen.

Aber auch für Planer ist die Visualisierung eines Bauvorhabens in einem vollständigen dreidimensionalen Modell ein wertvolles Hilfsmittel, z.B. bei der Untersuchung Beschattungen.

Neben solchen objektiven Fragestellungen ist es aber auch oft die Frage nach der subjektiven Wirkung eines geplanten Bauwerks in der Landschaft, in die es eingebettet werden soll.

Anwohner und betroffene Bürger fragen sich:

- Wie wird das geplante Bauwerk aus den verschiedenen Perspektiven aussehen?
- In welchen Umfang fügt es sich in die bestehende Landschaft ein?
- Mit welchen Sichtverdeckungen ist an welchen Positionen zu rechnen?
- Welche – ungewollten - Einblicke in bestehende Anwesen werden durch das Bauvorhaben gewährt?
- Wie stellen sich mögliche Planungsvarianten dar?

Bauvorhaben realitätsnah aus allen Blickwinkeln betrachten

Das Sinnvollste ist, nicht nur ein computergestütztes Modell von Bauwerk und Landschaft anzufertigen, sondern dieses auch für eine interaktive Computersimulation aufzubereiten. Diese ermöglicht

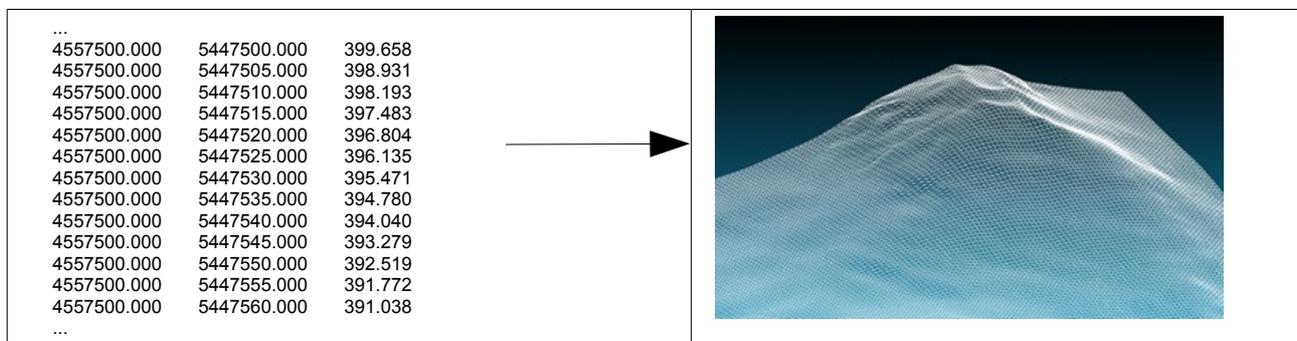
- Die virtuelle Begehung oder Befliegung des Geländes
- Die Spontane Positionierung, um ein Bauwerk von den Anwesen Betroffener aus zu betrachten
- Umschalten zwischen Bestand und Planung, möglicherweise auch zwischen Planungsvarianten, und zwar an jeder Position.

Vorgehensweise

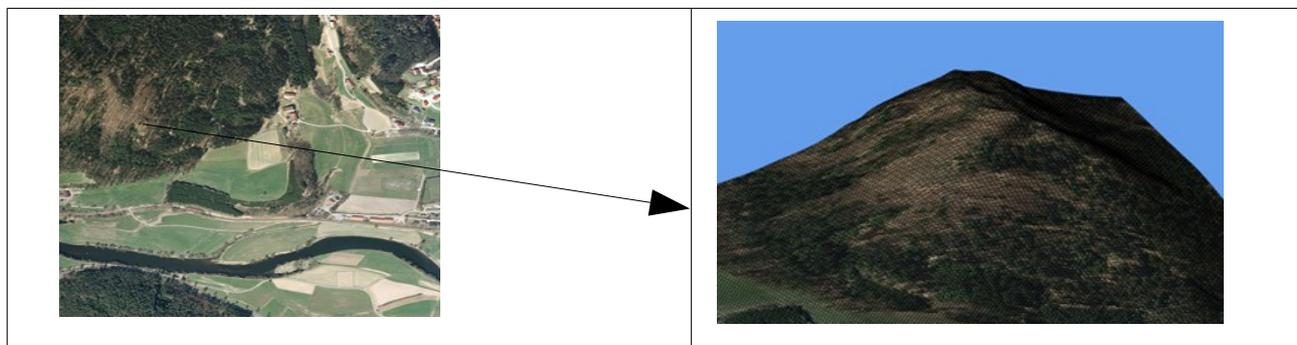
Zur Vorbereitung der Computersimulation wird zunächst ein photorealistisches Modell der bestehenden Landschaft hergestellt. Grundlage hierfür ist das Digitale Geländemodell (DGM). Dieses besteht aus den 3D-Koordinaten der in einem regelmäßigen Gitter angeordneten Punkte der gegebenen Landschaft. Die Maschenweite des Gitters bestimmt die Genauigkeit des Modells. Die höchste Genauigkeit beträgt derzeit 1m (DGM1).

Auf der Grundlage dieses Digitalen Geländemodells wird ein computergestütztes Dreiecksmaschenmodell hergestellt.

Mit den Bildinhalten der Digitalen Orthophotos (DOP) werden diese Dreiecke texturiert, sodass ein photorealistisches Modell zur Darstellung durch den Computer verfügbar wird.



Vom Digitalen Geländemodell zum Dreiecksmaschenmodell



Texturierung des Dreiecksmaschenmodells mit dem Orthophoto, am Beispiel des Geländes um Blaubach/Bayerischer Wald

Die höchste derzeit verfügbare Genauigkeit bei den DOPs beträgt 20cm. In diesem Fall entspricht einem Bildpunkt des Orthophotos eine Fläche mit der Größe von 20cm².

Im ersten Ansatz wird man sich eine höchstmögliche Auflösung wünschen. Das Beispiel des nebenstehenden Fußgängerüberwegs könnte die Nachfrage nach einer Auflösung im cm-Bereich erzeugen, wenn ein photorealistisches Modell einer bestehenden Landschaft gefragt ist. Die Datenmengen würden aber immens.



DOP20 Aufnahme eines Fußgängerüberwegs

Hinzu kommt:

Wenn es darum geht, ein Landschaftsmodell in Echtzeit zu begehen oder zu befliegen, muss der Computer – wie bei einem Film – eine fließende Bewegung erzeugen. Er hat dann für die Darstellung eines Bilds höchstens 40 Millisekunden Zeit. Welche Datenmengen sind während dieser Zeit zu bewältigen?

Geometriedaten

Jeder Gitterpunkt wird durch einen Satz von 8 Koordinaten beschrieben:

- x, y, z - Koordinate für die Positionen
- i, j, k - Koordinate für die Flächennormale
- u, v - Koordinate für den Bildinhalt

Gehen wir davon aus, dass jede Koordinate durch 4 Bytes dargestellt ist, beansprucht damit jeder Punkt eine Datenmenge von 32 Bytes. Dies ergibt für das DGM1 bei einer Fläche von 1km² eine Menge von insgesamt 32 Megabytes.

Bilddaten

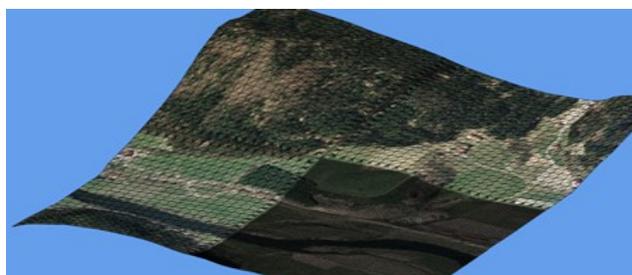
Jeder Punkt des Orthophotos wird durch einen Farbwert beschrieben, der für jede der Grundfarben (Rot, Grün, Blau) mit einer Zahl von 0-255 beschrieben wird. Jeder Punkt benötigt also 3 Bytes. Dies ergibt unter Verwendung des **DOP20** bei einem Gebiet von von 1km² (insgesamt 25 Mio Bildpunkte) Bilddatenmenge von insgesamt 75 Megabytes.

Die Datenmenge ist proportional zum Flächeninhalt, sodass man es bei einem typischen Gebiet von **4km x 6km** mit einer Menge von **768 Megabyte** an Geometriedaten und **1800 Megabyte** an Bilddaten zu tun hat – viel zuviel, um von einem handelsüblichen Personalcomputer in Echtzeit dargestellt werden zu können.

Für den Spagat zwischen Genauigkeit einerseits und Echtzeitfähigkeit andererseits gibt es verschiedene Möglichkeiten. Diese sind:

Entfernungsabhängige Detaillierung

Hohe Genauigkeit wird nur im Nahbereich dargestellt – die Darstellung weiter entfernter Bereiche erfolgt in einem geringeren Detaillierungsgrad.



Entfernungsabhängige Detaillierung: Kleine Maschenweite nur in der Nähe - größere Maschenweite bei weiter entfernten Bereichen



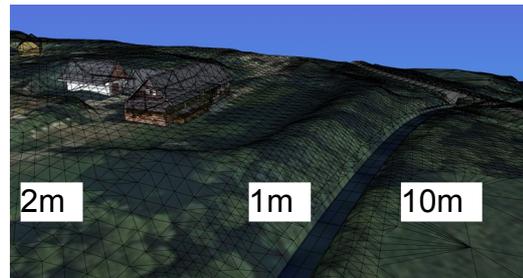
Entfernungsabhängige Detaillierung: Detailansicht

Objektabhängige Detaillierung

Es ist nicht erforderlich, ein hoch aufgelöstes Gitter zu verwenden, wo keine Details vorhanden oder interessant sind. Gleiches gilt für Bilddaten.

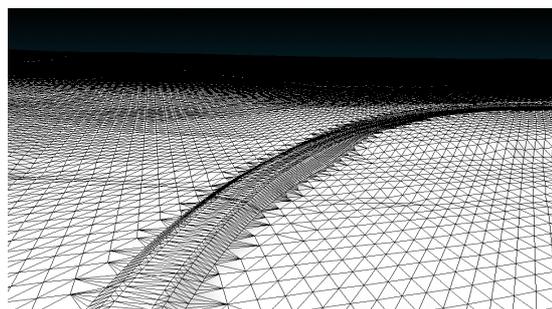
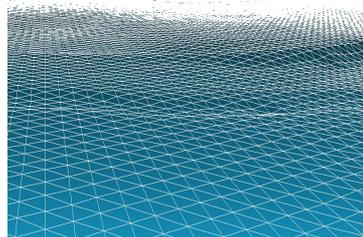
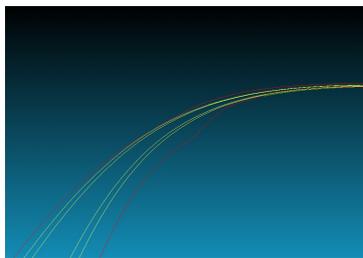
Die nebenstehende Abbildung zeigt das Gelände in der Nähe eines Bachs. Der Schutzwall soll um eine Hochwasserschutzmauer ergänzt werden. Nur dieser Bereich muss mit hoher Genauigkeit dargestellt werden.

Für weiter entfernte Bereiche ist eine hohe Detaillierung nicht erforderlich.

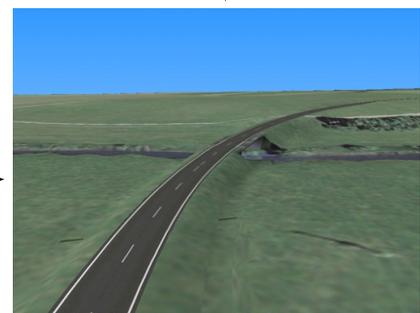


Objektabhängige Maschenweite

Auf der anderen Seite reicht die verfügbare Genauigkeit – auch der Geometriedaten - nicht aus, um Straßen, befestigte Wege oder Eisenbahnlinien in Form von glatten Linien und photorealistisch darzustellen. Solche Linienobjekte müssen gesondert in das 3D-Modell aufgenommen und mit eigenen (generischen) Texturen versehen werden. Auch Liniendaten geplanter Bauwerke (Straßen, Brücken, Dämme, Begrenzungen von Massivbauwerken) müssen integraler Bestandteil des Geländemodells sein. Der Produktionsprozess wird wie folgt veranschaulicht:



Liniendaten (z.B. aus einer Planung) werden zum integralen Bestandteil des Dreiecksmaschenmodells...



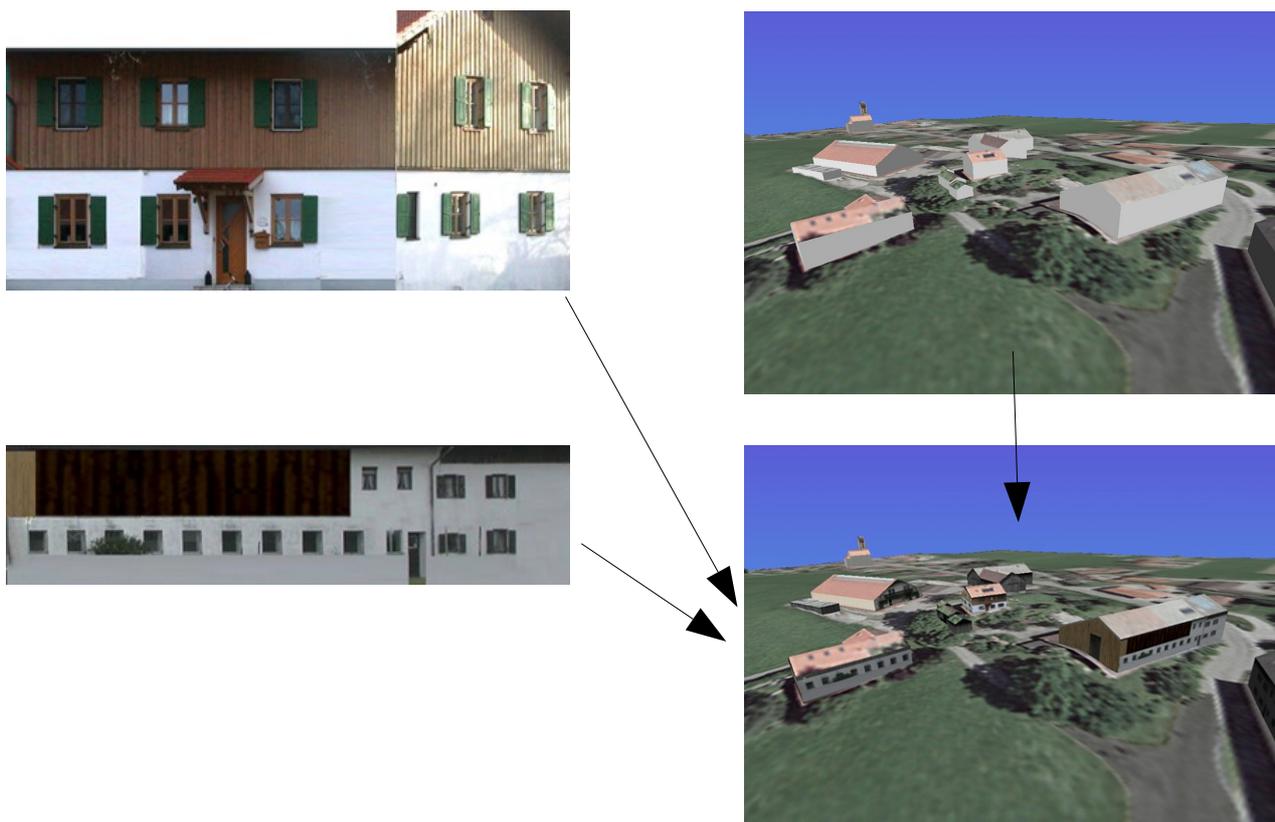
... das mit Hilfe des Orthophotos und generischen Texturen zum photorealistischen Modell wird.

Ausreichende Größe des Geländes wählen

Um zu einer aussagekräftigen Darstellung zu gelangen, sollte nicht nur das Projektgebiet modelliert werden, sondern auch die umgebende Landschaft. Auch die Darstellung des Hintergrunds kann sinnvoll sein.

Darstellung von Gebäuden

Zur photorealistischen Darstellung von Gebäuden müssen in der Regel terrestrische Photos der Fassaden angefertigt werden. Gebäudemodelle (in der Regel im LoD2) werden mit diesen Fassadenphotos texturiert. Der Produktionsprozess wird durch die folgenden Abbildungen veranschaulicht.



Texturierung der Gebäudemodelle mit Fassadenphotos

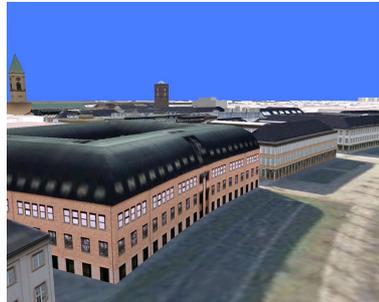
Selektiver Detaillierungsgrad auch bei den Gebäuden

Nicht nur das Anfertigen von Fassadenphotos ist aufwändig, sondern auch die Aufbereitung der Bilder. Oft genügt eine photorealistische Darstellung derjenigen Gebäude, die sich in der unmittelbaren Nähe der Bauvorhaben befinden. Deren Bewohner sind in der Regel am meisten betroffen.

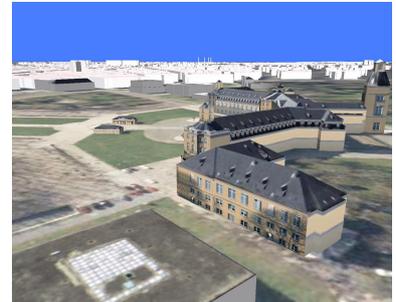
Anstelle einer nur kostentreibenden photorealistischen Ausgestaltung von Gebäuden aus der weiteren Umgebung ist es eher sinnvoll, den wichtigen Gebäuden weitere Details wie Dachgauben, Balkone etc. hinzuzufügen.

Flächendeckende LoD1 Modellierung in Karlsruhe.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden auf der Grundlage der DFK sowie aus den Ergebnissen eines Laserscanning die LoD1-Gebäudemodelle flächendeckend hergestellt, das Schloss und der Marktplatz samt seiner unmittelbaren Umgebung als photo-realistisches Modell.



Gebäude am Schloßplatz



Schloß mit den LoD1-Gebäuden



Marktplatz mit Stadtkirche



Marktplatz mit Pyramide und Rathaus



Schloß

Stadtkernsanierung Reutlingen.

Im Rahmen einer interaktiven Begehung wurden dem Planungsamt der Stadt Reutlingen Möglichkeiten einer Stadtkernsanierung vorgestellt. Neben der Präsentation geplanter Geschäftsgebäude, die auch in verschiedenen Stockwerkszahlen dargestellt wurden, ging es auch um die Frage der Neuordnung rückwärtiger Flächen.



Darstellung eines geplanten Wohn- und Bürogebäudes in der bestehenden Umgebung (oben)



Vergleich zwischen Ist-Zustand und möglicher Planung (rechts)

Fachmarktzentrum in der Stadt Grafing

Der Gemeinderat der Stadt Grafing b. München hatte darüber zu befinden, ob im Ortskern ein Fachmarktzentrum errichtet werden soll. Auch der Schulweg verläuft hierdurch – unmittelbarer Anlass für die Sorgen der Bürger, dass ihre Kinder durch den entstehenden Zulieferverkehr gefährdet sind.

Wie die Übersichtsdarstellung zeigt, befindet sich das geplante Fachmarktzentrum auch in unmittelbarer Nähe zur historischen Leonhardikirche sowie zum - zur Pfarrkirche St. Ägidius gehörenden – Friedhof.

Um eine für alle Beteiligten befriedigende Lösung zu erzielen, hatte der Investor angeboten, den Schulweg auf die andere Straßenseite zu verlegen. Welchen Einfluss hat dies jedoch auf die Gestaltung des Schulwegs? Inwieweit werden diese baulichen Veränderungen auch das historische Stadtbild beeinflussen?



Geplante Verlegung des Schulwegs auf die andere Straßenseite

Um diese Frage zu beantworten, wurde von der unmittelbaren städtischen Umgebung ein photorealistisches 3D-Modell angefertigt, das während einer Sitzung des Gemeinderats interaktiv begangen wurde. Alter und neuer Schulweg konnten miteinander verglichen werden.

Das geplante Fachmarktzentrum konnte nicht nur aus allen Perspektiven in Augenschein genommen werden - es konnte auch gezeigt werden, dass das die baulichen Maßnahmen bisher ungewohnte Perspektiven auf die historischen Gebäude eröffnet.



St. Ägidiuskirche vom Fachmarktzentrum aus gesehen



Darstellung des Bestands



Geplantes Fachmarktzentrum...



... samt angelegter Neupflanzung

Visualisierung von Bauvorhaben

Auch konnte durch den Vergleich von Planung und Ist-Situation gezeigt werden, wie durch die Verlegung des Schulwegs auch Straßenengpässe beseitigt werden und sich dadurch die Verkehrssituation deutlich entspannt.



Kreuzung bei der Leonhardikirche (Ist-Zustand)



Kreuzung bei der Leonhardikirche (Planung)



Kreuzung am Wieshamer Bach (Ist-Zustand)



Kreuzung am Wieshamer Bach (Geplante Verkehrsinsel)

Die folgenden zwei Abbildungen geben einen Eindruck von der erzielten Realitätsnähe der computergestützten 3D-Modelle



Photo der Strassenkreuzung an der Leonhardikirche



3D-Modell der bestehenden Gebäude



Blick auf den geplanten Schulweg

Hochwasserrückhaltebecken Feldolling

Für den Hochwasserschutz im unteren Mangfalltal plant das Wasserwirtschaftsamt Rosenheim bei Feldolling ein Rückhaltebecken. Für das Hauptbecken, das nur im Hochwasserfall geflutet werden soll, sind Linienbauwerke mit einer Länge von insgesamt 4,3 km sowie mehrere neue Massivbauwerke geplant. Der – in der Übersichtsdarstellung erkennbare - neu entstehende Rundweg um das gesamte Hauptbecken hat eine Gesamtlänge von 6,5 km.

Um zu einer möglichst aussagekräftigen Darstellung der durch die Baumaßnahmen veränderten Landschaft zu gelangen, wurde ein Gebiet von insgesamt 12 km² modelliert (das Projektgebiet hat eine Größe von 2 km²). Für das Projektgebiet wurde das DGM5 zusammen mit den DOP40 verwendet, für die umgebende Landschaft ein DGM10 bzw. noch geringere Auflösungen.



Geplantes Hochwasserrückhaltebecken Feldolling



Darstellung der – im Fall eines entsprechenden Hochwassers stattfindenden - Überflutung

Die Kreisstraße, die Eisenbahnlinie, die Unterwasserbecken und selbstverständlich sämtliche Planungsdaten wurden zum integralen Bestandteil des Landschaftsmodells.

Die Einbindung aller Dämme, eine detaillierte Modellierung aller Bauwerke wie auch bestehender markanter Objekte gibt dem Betrachter einen präzisen Überblick über die künftige Landschaft, und zwar aus jeder erdenklichen Perspektive.



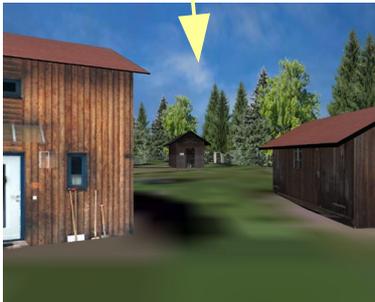
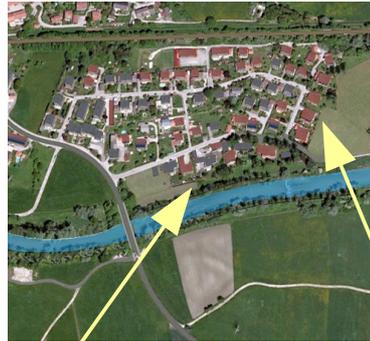
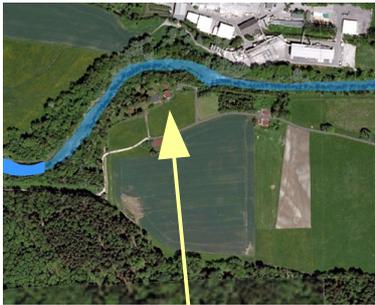
Einlassbauwerk aus unmittelbarer Nähe betrachtet



Einlassbauwerk vom Ortsteil Schwaig aus gesehen

Visualisierung von Bauvorhaben

Bei denjenigen Gebäuden, die sich in unmittelbarer Nähe der Bauwerke befinden und deren Bewohner von den Bauvorhaben am meisten betroffen sind, wurde eine Detailmodellierung vorgenommen, während die anderen Gebäude als untexturierte LoD1-Gebäude belassen wurden.



Detailmodellierung der Gebäude im Ortsteil Schwaig



Detailmodellierung der Gebäude „in der ersten Reihe“ im Ortsteil Gries



Neben der präzisen Modellierung der geplanten Bauwerke wurde eine detaillierte Modellierung bestehender markanter Objekte vorgenommen. Hierzu gehört die Eisenbahnbrücke wie auch das landschaftsprägende Triebwerk III der Leitzachwerke.



Geplantes Überlaufbauwerk



Virtuelle Wanderung auf dem Deich



Triebwerk III sowie die alte Eisenbahnbrücke als Bestand, neben dem geplanten Auslassbauwerk

Neben der Gegenüberstellung von Bestand und Planung kann auch eine mögliche Überflutung dargestellt werden. So kann vor Augen geführt werden, wie eine Überschwemmung sich auswirkt, wenn keine Massnahmen dagegen ergriffen werden. Daneben kann die Situation bei gleichem Pegelstand des Hochwassers dargestellt werden, wenn Deiche und Schutzmauern zum Hochwasserschutz vorhanden sind.

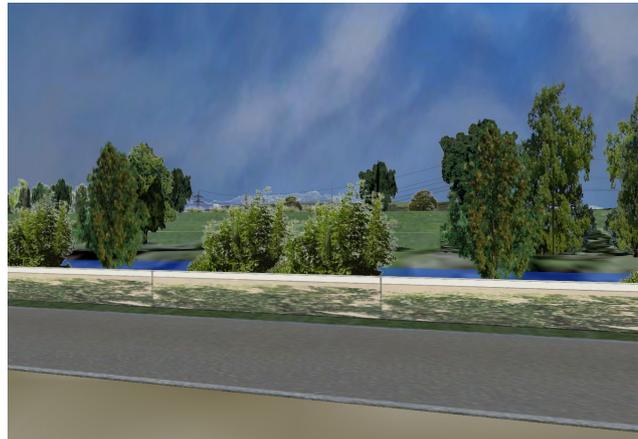
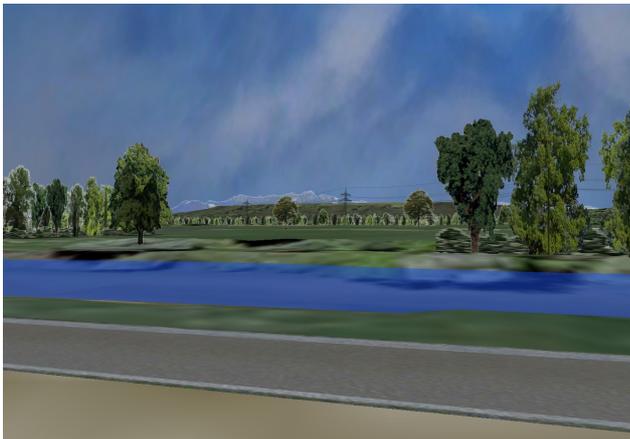


Überfluteter Ortsteil Gries im Ist-Zustand



Geflutetes Hauptbecken und geplante Hochwasserschutzmauer

Die interaktive Computersimulation lässt es zu, sich spontan an einen beliebigen Ort des Modells zu begeben - insbesondere zu den Gebäuden betroffener Anwohner. So kann gezeigt werden, wie sich Baumaßnahmen auf das Landschaftsbild auswirken, und zwar aus der Perspektive ihrer persönlichen Umgebung.



Blick auf den Wendelstein vom Ortsteil Gries im Ist-Zustand bzw. nach Errichtung von Damm und Mauer

Zweite Mangfallbrücke im Markt Bruckmühl

Weiter erhöhtes Verkehrsaufkommen ergaben für den Markt Bruckmühl bereits vor vielen Jahren die Notwendigkeit, eine zweite Brücke über die Mangfall zu planen, welche die Ortsteile Götting und Hinrichsseggen miteinander verbindet.



Ortsverbindungsstraße in der Übersichtsdarstellung

Problematisch ist, dass die Brücke durch ein gerne genutztes Naherholungsgebiet verläuft. Durch dieses Naherholungsgebiet führen entlang beider Mangfallufer viel genutzte Rad- und Wanderwege. Spaziergänger und Radfahrer genießen auch einen einzigartigen Blick auf das Mangfallgebirge. Natürlich machen sich die Bürger Sorgen darüber, in welchem Umfang dies durch den Bau der Brücke beeinträchtigt wird.

Die Vorstellung, inwieweit sich Brücke und Ortsverbindungsstraße auf das Landschaftsbild auswirken werden, wird noch dadurch erschwert, dass verschiedene Hochwasserschutzmaßnahmen geplant sind - unabhängig vom Bau der Brücke.

Aufgabe der Visualisierung war also zunächst die Darstellung, wie die Landschaft durch die Realisierung der Hochwasserschutzmaßnahmen verändert wird und dann, welche zusätzlichen Veränderungen die Brücke und die Ortsverbindungsstraße mit sich bringen werden.

Um den Eingriff in die Landschaft so gering wie möglich zu halten, soll die Brücke einen möglichst großen Teil des im Rahmen des Hochwasserschutzes konzipierten neuen Damms ersetzen.

In der Computersimulation konnte die Landschaft in allen drei Zuständen

- in ihrer jetzt bestehenden Form
- nach der Rückverlegung des Damms
- nach zusätzlicher Realisierung der zweiten Mangfallbrücke

in der interaktiven Computersimulation präsentiert werden.

Darstellung in der Übersicht



Geplante Retentionsfläche ...



... mit zusätzlich geplanter Ortsverbindungsstraße und zusätzlichem Parkplatz

Darstellung aus der Vogelperspektive



Bestand



Planung Retentionsfläche



Planung Retentionsfläche samt Brücke

Darstellung aus der Sicht des Wanderers



Bestand



Planung Retentionsfläche



Planung Retentionsfläche samt Brücke

Die interaktive Computersimulation wurde während **Bürgerversammlungen** zur Präsentation der Planung eingesetzt. Die geplante Straße wurde befahren – die Wanderwege in der Umgebung der Straße begangen.

Durch die spontane Positionierung war es möglich, Fragen nach der Auswirkung der Baumaßnahme auf das Landschaftsbild sofort und umfassend zu beantworten.

Bei **Erörterungsterminen** konnten Einzelfragen geklärt werden, z.B. nach

- Sichtverdeckungen
- Beeinträchtigungen durch Schattenwurf
- ungewollter Einblicke von der neuen Straße aus
- optimaler Höhe von Lärmschutzwänden

Nicht nur der Blick vom vorbeifahrenden LKW in den Garten konnte simuliert werden. Besorgte Eigentümer konnten sich zudem in der Computersimulation exakt an die sensitiven Positionen (Gartenterasse, Wohnzimmerfenster, Hauseingang, Fenster im ersten Stock etc.) begeben und überprüfen, was sie in der neuen Umgebung sehen werden. Dabei konnte genau geklärt werden, mit welchen Beeinträchtigungen sie durch den geplanten Hochwasserschutz zu rechnen haben und welche zusätzlichen Beeinträchtigungen sich durch die Ortsverbindungsstraße ergeben.

Lärmschutzwände wurden in verschiedenen Höhen visualisiert. Dadurch konnten sich die Bürger ein realistisches Bild darüber machen, was sie in Sachen Lärmschutz erwartet und was sich baulich umsetzen lässt, wenn Optik und mögliche Sichtbeeinträchtigungen Wirklichkeit geworden sind.

Fazit

Die interaktive Visualisierung von Bauvorhaben im Rahmen einer interaktiven Computersimulation ist ein wichtiges Hilfsmittel, damit sich Planer, Entscheider und Betroffene ein Bild davon machen können, inwieweit ein geplantes Bauwerk in eine Landschaft einfügt.

Sie ist auch ein wichtiges Hilfsmittel, um Planungsvarianten miteinander zu vergleichen und trägt als solches wesentlich dazu bei, die Diskussion über die Auswirkungen einer Planung zu objektivieren.

Klaus R. Müller, Diplomphysiker
Geschäftsführender Gesellschafter der
Müller Systemtechnik GmbH
Tuttlinger Straße 9
80686 München,
Tel. 089 28659081
www.muellersystemtechnik.de