

Digitale Stadtmodelle als Plattform für intuitive Stadtplanung und Bürgerinformation

Johannes HOLZER, Konrad KARNER, Günter LORBER, Suzanne ARTES

DI Johannes Holzer, No Limits IT GmbH, Sandgasse 39, A-8010 Graz, johannes.holzer@nolimits.at

Dr. Konrad Karner, VRVis GmbH, Inffeldgasse 16/2, A-8010 Graz, karner@vrvis.at

DI Günter Lorber, Magistrat Graz, Stadtvermessungsamt, Europaplatz 20, A-8011 Graz, stadtvermessung@stadt.graz.at

DI Suzanne Artes, Magistrat Graz, Stadtplanungsamt, Europaplatz 20, A-8011 Graz, stadtplanungsamt@stadt.graz.at

1. EINLEITUNG

Planerische Zielvorstellungen und andere raum- und ortsbezogene Informationen einem heterogenen Publikum ohne Verlust an Authentizität und Informationsgehalt verständlich zu vermitteln, steht im Mittelpunkt einer F&E Initiative zum Thema Erstellung und Nutzung digitaler Stadtmodelle. Daran beteiligt sind das K+ Kompetenzzentrum VRVis „Gesellschaft für Virtual Reality und Visualisierung“, die Technische Universität Graz, das Joanneum Research, die Stadt Graz sowie die Firmen No Limits IT GmbH und Geodata ZT GmbH.

Ausgangspunkt der Entwicklungen ist die Überlegung, dass raumbezogene Information nur durch Darstellung und Interaktion im Raum selbst intuitiv erfassbar ist. Möglich wird dies entweder durch die Transformation digitaler Information in den realen, oder der Abbildung der Realität in den virtuellen Raum. Beide Möglichkeiten werden im Rahmen der F&E Aktivitäten und an Hand von konkreten Projekten in der Stadt Graz erprobt.

Die Autoren geben einen Überblick über die neuen Möglichkeiten zur Erstellung und Visualisierung digitaler Stadtmodelle und die konkrete Anwendung der Modelle für Stadtvermessung und Stadtplanung. Weiters wird das Themengebiet „Augmented Reality“ als Synthese von Realität und digitaler Information in Form einer Projektskizze für einen mobilen Stadtführer vorgestellt. Der mobile Stadtführer demonstriert, wie Realität und Fiktion für den Betrachter vor Ort im realen Raum verschmelzen.

2. DAS DIGITALE STADTMODELL

Die allgemein verständliche Kommunikation von räumlicher Konzeption und Planung ist eng verknüpft mit der Existenz von dreidimensionalen, wenn möglich naturgetreuen Modellen der Vorstellungen des Urhebers. In vielen Fällen reichen diese Modelle alleine jedoch nicht aus, um konzeptive Arbeiten in deren ganzer Breite und Vielfältigkeit zu kommunizieren. Es fehlt der räumliche Kontext, die Verbindung zum realen Umfeld. Im urbanen Bereich stellt diese Ergänzung das digitale Stadtmodell dar. Digitale Stadtmodelle existieren in verschiedenen Ausprägungen und Qualitätsstufen, ausgehend vom Blockmodell über Formmodelle bis hin zum realitätskonformen Stadtmodell. Jeder für sich genügt spezifischen Anforderungen, nur das realitätskonforme Stadtmodell, eine Synthese aus formrichtigem Geometriemodell und massgenauem, fotografischem Texturmodell ist universell für alle Einsatzgebiete geeignet. Auf Grund des hohen manuellen Aufwandes bei der Erstellung stand dem generellen Einsatz von realitätskonformen Stadtmodellen bisher immer die Kosten-Nutzenfrage gegenüber, wodurch meist auf kostengünstigere Varianten zurückgegriffen wurde.

Die Entwicklungen im Rahmen der F&E Aktivitäten rund um das VRVis-Kompetenzzentrum konzentrieren sich demnach in einem Teil auf die kostengünstige, vermesserische Aufnahme und modellhafte Rekonstruktion des urbanen Umfeldes. Basierend auf allgemein bekannten Technologien aus Geodäsie, Photogrammetrie und Bildverarbeitung werden Verfahren entwickelt, die es erlauben, im Zuge von routinemäßigen Vermessungen alle für die realitätskonforme Stadtmodellierung notwendigen Basisdaten ohne großem Mehraufwand aufzunehmen. Dabei werden, wo auch immer möglich, bereits existierende Daten in die Verarbeitung miteinbezogen und verknüpft.

Die Erstellung eines realitätskonformen Stadtmodells erfolgt bevorzugter Weise in zwei Arbeitsvorgängen. Im ersten Schritt wird aus orientierten Luftbildern sowie luftgestützten Laserscanner-Daten (soweit vorhanden) ein Formmodell der Dachlandschaft erzeugt und zu einem 3D-Blockmodell erweitert.

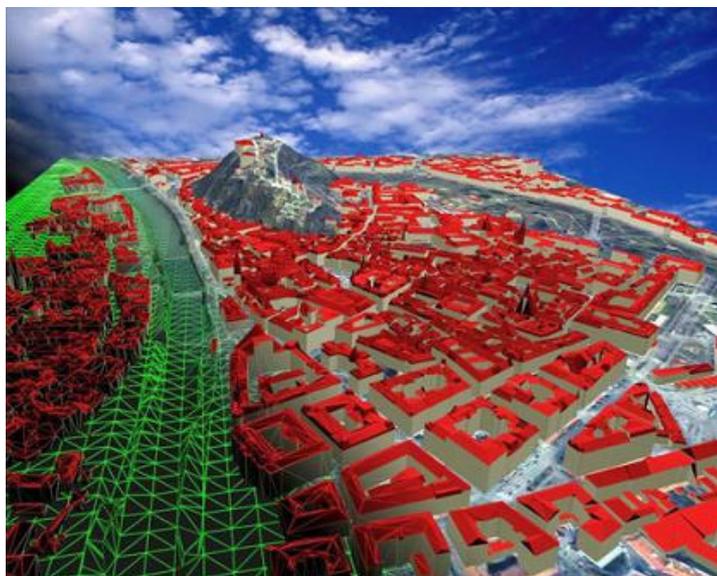


Abbildung 13: Ein erstes Blockmodell von Graz erzeugt unter Verwendung von luftgestützten Aufnahmedaten

Abbildung 13 zeigt einen Teil der Grazer Innenstadt als 3D-Blockmodell. Die dazu verwendeten Eingabedaten sind photogrammetrische Auswertungen der Dachlinien und Geländebruchkanten, ein 30m Raster-DEM sowie die orientierten Luftbilder. Die 3D-Dachlinien eines Gebäudes werden unter Einbeziehung der Luftbilder trianguliert und auf das digitale Höhenmodell projiziert. Die Geometriebildung wird dabei durch die Laserscannerdaten unterstützt. Die Luftbilder dienen zur Texturierung der Dächer und des Geländes.

Ausgehend von diesem 3D-Blockmodell werden die Fassaden mittels terrestrischer Sensordaten, kommend von einem Laserscanner und Digitalkameras, verfeinert. Dabei kommen neueste Methoden aus der Bildverarbeitung und der Computer Vision zum Einsatz. Ein Überblick über die verwendeten Methoden wird in [Karnar et al.,2001] gegeben.



Abbildung 14: Vektormodell einer Fassade, erstellt aus Laser- und Bilddaten

Diese Methoden ermöglichen eine robuste und automatische relative Orientierung der Sensoren. Dazu werden flächenbasierte, als auch merkmalsbasierte Algorithmen herangezogen. Die absolute Orientierung erfolgt über die Anbindung an das 3D-Blockmodell. Die Kombination von terrestrischen Laserscanner-Daten mit hochauflösenden Digitalbildern erlaubt eine robuste und automatische Rekonstruktion der Oberflächen. Diese werden mit Hilfe semiautomatischer Methoden in logische Einheiten (Türen, Fenster, Verkehrsschilder, ...) unterteilt. Durch die Verwendung von Digitalkameras wird auch eine radiometrische Beschreibung (sprich Textur) der Fassadenflächen erreicht. Die optischen Aufnahmen werden zur Erzeugung von Ortho-Texturen für die Fassaden verwendet, wobei durch die Mehrfachaufnahmen von unterschiedlichen Positionen Verdeckungen automatisch erkannt und eliminiert werden können (siehe dazu [Mayer et al.,2001]).

Der Prozess der realitätskonformen Stadtmodellierung ergibt demnach eine beträchtliche Menge an Geometrie- und Bilddaten, deren Verarbeitung und vor allem Visualisierung ein große Herausforderung darstellen. In einem weiteren Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten werden daher Technologien zur Verwaltung und Darstellung der Stadtmodelle auf Standard-Hardware entwickelt.

Die Visualisierung der großen Datenmengen eines virtuellen Stadtmodells basiert auf einem Client-Server-Modell. Der Server hält die gesamten Daten in einem DBMS (Database Management System) für mehrere Clients zur Verfügung. Der Client-PC fragt über eine (relativ langsame) Netzwerkverbindung die notwendigen Daten zur Visualisierung ab. Die Menge der ausgetauschten Daten muss möglichst gering gehalten werden, um die Netzwerkverbindung sowie das DBMS nicht zu überlasten. Um dies zu erreichen, müssen die geometrischen Grunddaten (das Stadtmodell) massiv aufbereitet werden. Eine detaillierte Beschreibung wird in [Zach et al.,2002] gegeben.

Als Lösungsstrategie für die Visualisierung wird eine Kombination von verschiedenen Darstellungsmethoden verwendet. Dies sind:

- Visibility culling

Visibility culling nennt man die Berechnung der sichtbaren Objekte, unter Einbeziehung der Position und Orientierung des Beobachters. Der Client übermittelt dem DBMS-Server Standpunkt und Blickrichtung und die DB-Engine ermittelt alle sichtbaren Objekte. In diesem Schritt wird eine hierarchische Erweiterung des DBMS zur Indizierung räumlicher Daten verwendet. Um die Menge der zu übermittelnden Objekte gering zu halten, werden nur jene Objekte übermittelt, die der Client-PC nicht bereits in einem vorhergehenden Schritt empfangen hat.

- Occlusion culling

Unter occlusion culling versteht man die Berechnung von verdeckten Objekten von einem bestimmten Standpunkt aus. Die möglichen Standpunkte eines Betrachters werden in Regionen eingeteilt und können apriori festgelegt und somit statisch vorberechnet werden. D.h. zur Laufzeit werden nicht alle möglichen Objekte für eine korrekte Visualisierung verwendet.

- LOD Management

Die Grundidee von LOD ist, dass weiter entfernte Objekte in geringerer Auflösung ohne Qualitätseinbuße dargestellt werden können. Unser LOD Management kümmert sich um diese Aufgabe indem Objekte im gesamte Sehvolumen entsprechend ihrem Abstand aus verschiedenen LOD-Ebenen übertragen werden.

- Progressive Refinement

Geometrische Information ist relativ kompakt im Vergleich zur Texturinformation. Um die Darstellung am Client sukzessive zu verbessern, laufen die Datenübertragung und die Visualisierung asynchron. Dadurch erreichen wir eine konstante Anzahl von Bildern pro Sekunde unter evt. kurzzeitiger Einbuße an Qualität. Durch die zeitliche Kohärenz, die in walkthrough, bzw. fly-through Einstellungen gegeben ist, und mittels prefetching von wahrscheinlich gebrauchten Daten, läßt sich ein kaum merkbarer Qualitätseinbruch erreichen.

3. DAS STADTMODELL IN DER STADTVERMESSUNG

Das Stadtvermessungsamt des Magistrates Graz arbeitet bereits seit 1985 am Aufbau eines Geoinformationssystems, welches die verschiedensten Geodaten, die von kommunalen Interesse sind, beinhaltet. Die technische Entwicklung, insbesondere auf dem Hard- und Softwarebereich ermöglichte, Überlegungen anzustellen, wie man dreidimensionale Daten in einer anschaulichen Weise und in einer auch für Fachkundige zugänglichen Form visualisieren kann. Die diesbezüglichen Anforderungen kamen vor allem aus dem Planungsbereich. Die Zielsetzung, die durch die dreidimensionale Darstellung von neuen Bauvorhaben erreicht werden soll, ist eine qualitative Verbesserung der Grundlagen, die in die Entscheidungsprozesse einfließen, und dadurch geeignet sind, die Vorlaufzeiten dieser Projekte zu minimieren. Durch die Zuständigkeit des Stadtvermessungsamtes für den Aufbau eines Geoinformationssystems für die Stadt Graz, war es nahe liegend sich auch mit dem Thema 3D-Stadtmodelle zu beschäftigen. Im Jahr 1994 wurden erste Überlegungen betreffend der Darstellung von dreidimensionalen Modellen angestellt. An einigen Projekten (wie z.B. in der Phase der Entscheidungsfindung bezüglich der Errichtung eines Kunsthouses am Fuße des Schlossberges) wurden die Möglichkeiten und der Nutzen dreidimensionaler Modelle für verschiedene Anwendungen aufgezeigt.

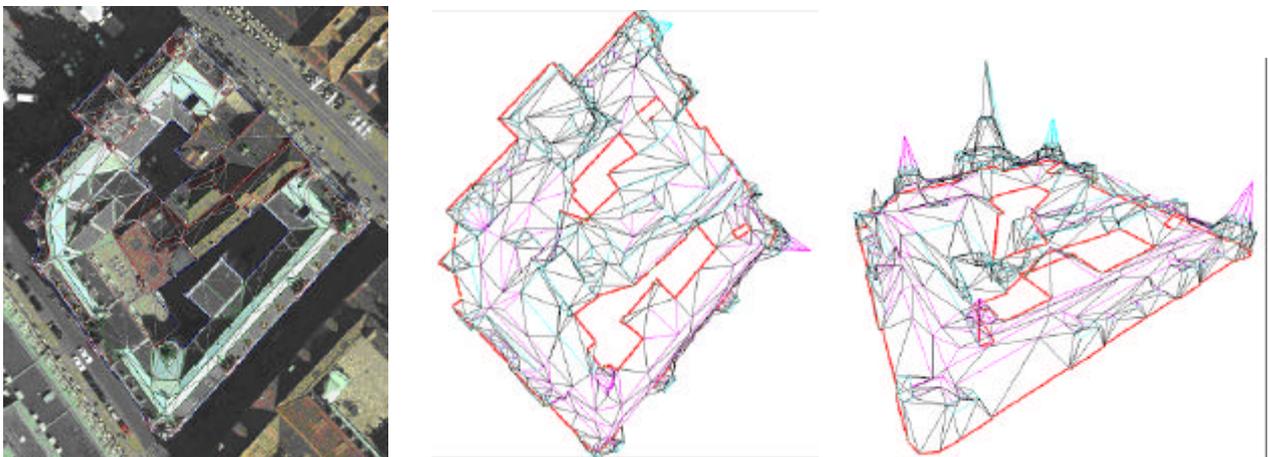


Abbildung 15: Datenbestand der dreidimensionalen Dachlinienauswertung als Rückprojektion und 3D Linienmodell

Gerade in Hinblick auf die Kulturhauptstadt 2003 wurde im Jahr 2000 begonnen, ein Projekt zu definieren, welches die Erfassung, Verwaltung und Bereitstellung eines 3D-Stadtmodelles nicht nur projektbezogen, sondern flächendeckend ermöglicht. Die Voraussetzung für effiziente Erzeugung von 3D-Modellen ist die Nutzung der bereits vorliegenden, bzw. vorhandener Daten des Geoinformationssystems. Als Quelldaten zur Erzeugung dreidimensionaler Darstellungen stehen 3D-Dachauswertungen im Phodat-Format, das Digitale Höhenmodell Graz sowie digitale Luftbilder zur Verfügung. Zunächst wurde in einem 1.Schritt, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen der TU-Graz, in einem Forschungsprojekt versucht, auf der Grundlage der beschriebenen Quelldaten, eine möglichst automatisierte Überführung der photogrammetrisch erfassten Daten in ein 3D-Modell zu erreichen. Die Schwierigkeit bei diesem Projekt war der Umstand, dass zwar dreidimensionale Naturdaten ausgewertet wurden, aber die Datenstruktur nicht auf eine automatisierte Erzeugung von 3D-Modellen ausgerichtet war. Daher war es erforderlich, Umsetzungsfehler, die auf die Quelldaten zurückzuführen sind, im 3D-Modell anzuzeigen bzw. zu kennzeichnen. Bei der Umsetzung innerhalb des Testgebietes Innere Stadt konnten dabei 80% der Ausgangsdaten fehlerfrei umgesetzt werden.

Bisher wurden vom Stadtvermessungsamt, gemeinsam mit verschiedenen externen Partnern, jeweils einzelne Projekte einer dreidimensionalen Visualisierung durchgeführt. Daher wurde ein Forschungsprojekt mit dem Titel „Graz 3D“ initiiert, mit dem das K+ Kompetenzzentrum für Virtual Reality und Visualisierung Forschungs-GmbH beauftragt wurde und die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der großflächigen Erstellung und Verwaltung von dreidimensionalen Modellen in urbanen Siedlungsgebieten aufzeigen soll. Die Implementierung eines Datenmanagementsystems für die Verwaltung großflächiger 3D-Modelle stellt eine wesentliche Komponente dieses Forschungsauftrages dar. Anhand der Daten des Bereiches Innere Stadt sollen die Möglichkeiten und der Einsatz des Datenmanagementsystems gezeigt werden.

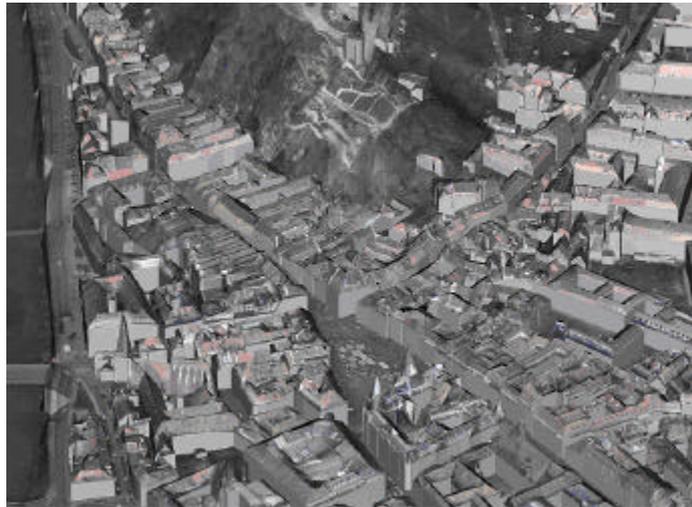


Abbildung 16: Visualisierung des Bereiches Innere Stadt Graz aus dem Datenmanagementsystem in Form eines naturgetreuen Formmodells im VRML-Format

Bisher sind etwa 60% der Gesamtfläche von Graz photogrammetrisch erfasst. Diese Daten können in Folge, automatisch in 3D-Daten umgesetzt und mit dem implementierten Datenbankmanagementsystem verwaltet werden. Die Verknüpfung der 3D-Daten mit den GIS-Daten wird in Zukunft von wesentlicher Bedeutung sein. Über das Objekt Gebäude werden sich die verschiedensten thematischen Auswertungen von Sachinformationen durchführen lassen. Diese Möglichkeiten erschließen neue Anwendungen, die optimale Grundlagen bzw. Aussagen für Entscheidungsprozesse von Vorhaben im urbanen Bereich liefern.

Ein weiterer Schwerpunkt für 2002 bildet die Fragestellung, wie die großen Datenmengen von dreidimensionalen Datenstrukturen in einer für die Präsentation im Internet geeigneten Weise aufbereitet werden können. Die Nutzung von 3D-Stadtmodellldaten über das Internet wird künftig weitere Anwendungsmöglichkeiten wie z.B. für diverse Standortbewertungen, als Grundlage für den Aufbau einer Unternehmensplattform, für kulturelle Aktivitäten, insbesondere interaktiv historische Rundgänge im Internet durchführen zu können, erschließen.

4. DAS STADTMODELL IN DER STADTPLANUNG

Nachdem damit über Betreiben des Stadtvermessungsamtes bereits ein dreidimensionales Stadtmodell existiert, ist es ein konsequenter Schritt, dieses Stadtmodell effizient als Ergänzung für die Aktivitäten der Stadtplanung einzusetzen. Dabei müssen Medienbrüche und Mehrbelastung vermieden und die Qualität der Planung und Entscheidung, durch technische Unterstützung während der Arbeitsprozesse, gesichert werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Graz 3D“ wurde ein Workflow-Modell entwickelt, in dem basierend auf dem Datenmanagement und dem Stadtmodell, Planungs- und Entscheidungsprozesse zu folgenden Themen abgewickelt werden:

- Festlegung der Bebauungsgrundlagen im Rahmen von Einzelverfahren
- Gutachterverfahren und Wettbewerbe
- Bebauungsplanverfahren
- Räumliches Leitbild

Das Stadtmodell wird sowohl für kleinräumige Bebauungsplanungen, als auch großräumig bei der Entwicklung von Leitbildern eingesetzt. Rund um den Gültigkeitsbereich von geplanten Bauvorhaben wird automatisch das Stadt- und Geländemodell aufgebaut. Dieses Modell kann als Umgebungsmodell im Rahmen von Wettbewerben an die Teilnehmer als Entwurfsvorgabe weitergegeben werden. Durch das interaktive, einfache Einsetzen unterschiedlicher Baumassen (= Varianten) in das Umgebungsmodell, unter Einhaltung aller relevanten Bestimmungen, wird ein schnelles Massenmodell erstellt, das eine optimale Grundlage zur Entscheidungsfindung ergibt. Alle zur Bearbeitung eines Aktes notwendigen Entscheidungsgrundlagen sind dem Modell entnehmbar. Die Varianten sind als Plottung dem Akt anschließbar und untermauern so die Begründung der Gutachten.

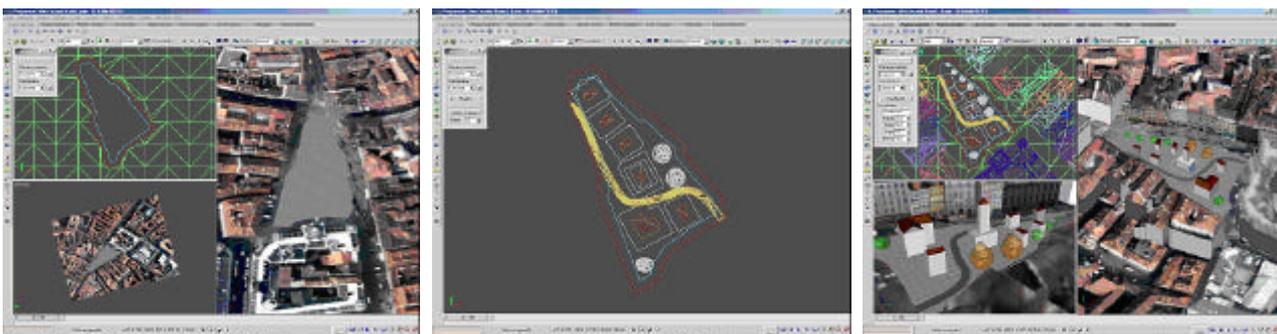


Abbildung 17: Intuitive, interaktive Planung und Bewertung im dreidimensionalen Stadtmodell

Im Rahmen von Wettbewerbsentscheidungen, oder Öffentlichkeitsarbeit, können die verschiedenen internen und externen Entwurfsvarianten in einem interaktiven Präsentationsmodul vorgeführt werden. Vordefinierte Standpunkte, Beleuchtungssituationen und Animationen erlauben eine schnelle und objektive Bewertung der Varianten. Die Einnahme beliebiger Standpunkte und die Visualisierung in Echtzeit gewährleisten Flexibilität in der Präsentation. Die Erstellung hochqualitativer Renderings erschließt alle Möglichkeiten der klassischen Kommunikation. Damit stehen den Referenten spezialisierte Hilfsmittel zur Verfügung, um überzeugende Präsentationen zu erstellen.



Abbildung 18: Repräsentative, interaktive Darstellung bei Wettbewerbsentscheidungen oder Öffentlichkeitsarbeit

Einerseits steht durch die Koppelung an das Datenmanagement des Stadtvermessungsamtes ein stets aktuelles Stadtmodell zu Verfügung, andererseits entsteht durch die Integration der Planungsmodelle in das Stadtmodell die Möglichkeit, auch die Planungsphase in die Historie eines Gebäudes mit einzubeziehen.

5. DAS DIGITALE STADTMODELL ALS ERWEITERUNG DER REALITÄT

Durch die Verfügbarkeit eines großflächigen Stadtmodells ergeben sich neben den genannten Möglichkeiten in planerischen Prozessen neue Perspektiven für die Öffentlichkeitsarbeit. Die interaktive Visualisierung dreidimensionaler Objekte über die Kommunikationsplattform Internet ist mittlerweile Standard und wird immer mehr für die Darstellung planerischer Vorstellungen genutzt. Durch die Forschungsarbeiten im Kompetenzzentrum VRVis wird es in Zukunft möglich sein, diese auch im großräumigen Kontext der realen Umgebung darstellen zu können.

Die dreidimensionale Darstellung fiktiver Zustände, in Kombination mit einem naturgetreuen Stadtmodell über ein allgemein zugängliches Medium, stellt sicherlich einen Meilenstein in der Öffentlichkeitsarbeit im kommunalen Bereich dar. Diese Möglichkeit der Visualisierung wird nur mehr entweder durch die Realisierung der Planung, oder die Darstellung des geplanten Vorhabens direkt vor Ort übertroffen.

Dieser letzte Gedanke ist Ausgangspunkt für eine Entwicklung, welche die Firmen Geodata und No Limits, gemeinsam mit dem Institut für elektrische Messtechnik an der TU Graz, im Rahmen eines Christian-Doppler Labors betreiben und soll in einem mobilen Augmented Reality System für den Einsatz im urbanen Umfeld münden. Ziel dieses Systems ist es, einer Person, abhängig von Standort und Blickrichtung, digitale Information in bestimmte Bereiche der visuellen Wahrnehmung einzublenden und somit das reale Bild zu verändern. Dies kann in Form von Schrift, Symbolik, Bildinformation oder dreidimensionaler Objekte geschehen und muss perspektivisch richtig und synchron mit der Bewegung der Person erfolgen.

Um diese Vision zu verwirklichen, muss die Position und Blickrichtung einer Person hochgenau und in Echtzeit, ohne externe Hilfsmittel bestimmt werden. Dabei wird auf das existierende Stadtmodell zurückgegriffen und über Vergleich des vom Standpunkt der Person aus sichtbaren, realen Stadtbildes mit dem digitalen Stadtmodell, die georeferenzierte Position innerhalb der Stadt sowie die Blickrichtung berechnet. Mit dieser Information können georeferenzierte, räumliche Informationen, lage- und perspektivenrichtig, auf die Gläser einer Brille projiziert werden. Durch die Möglichkeit für jedes Auge ein unterschiedliches Bild erzeugen zu können, wird eine reale Tiefendarstellung erzeugt. Wird nicht der gesamte Wahrnehmungsbereich von digitaler Information überdeckt, mischt sich für den Betrachter realer und virtueller Raum zu einer erweiterten Realität (Augmented Reality).

Für dieses Präsentationsmedium besteht eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, wobei sich im Rahmen der Stadtplanung sicherlich die Darstellung städtebaulicher Maßnahmen besonders anbietet. Für den Planer ergibt sich dadurch die Möglichkeit, frühzeitig Studien vor Ort durchzuführen, für den Bürger, Stadtplanung schon während der Planungsphase in Varianten erleben und bewerten zu können. Neben dieser Applikation wird auch an einem Stadtführer gearbeitet, der Information über Architektur, Wirtschaft und Tourismus bereitstellt und die Funktion eines Navigationssystems integriert. Alle dynamischen Informationen werden über mobile Kommunikationstechnologien orts- und themenbezogen aus Datenbanken abgerufen.

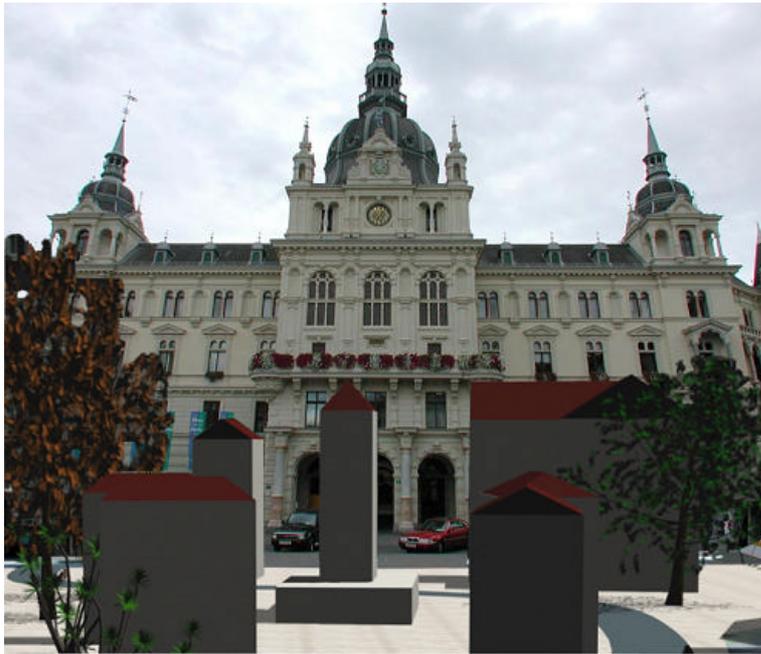


Abbildung 19: Erweiterung der Realität durch Synthese von realer Umgebung und virtuellen Objekten.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Das Forschungsprojekt "Graz 3D" zeigt, dass schon die Verfügbarkeit eines großräumigen, digitalen Blockmodells einer Stadt einige interessante, neue Applikationen ermöglicht. Die Erweiterung dieses Modells zu einem realitätskonformen Stadtmodell erschließt jedoch erst das vollständige Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten. Wenn es gelingt, die Kosten für die Erstellung eines realitätskonformen Stadtmodells auf ein, für die traditionelle Vermessung übliches Maß zu reduzieren, wird es schnell Einzug in bestehende GIS-Systeme halten und die Art der Kommunikation von planerischen Konzepten nachhaltig verändern, wobei das Internet eine zentrale Rolle spielt. Diese Aspekte sind zentrales Anliegen der F&E Aktivitäten rund um das Kompetenzzentrum VRVis.

LITERATURVERZEICHNIS

- [Karner et al.,2000] K. Karner, J. Bauer, A. Klaus, F. Leberl, and M. Grabner. Virtual Habitat: Models of the Urban Outdoors. Third International Workshop on Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Imaging. 10- 15 June 2001. Centro Stefano Franscini, Monte Verita, Ascona, Switzerland.
- [Mayer et al,2001] H. Mayer, A. Bornik, J. Bauer, K. Karner, and F. Leberl. Multiresolution Texture for Photorealistic Rendering. Spring Conference on Computer Graphics 2001, 25-28 April 2001. Budmerice, Slovakia.
- [Zach et al.,2002] Ch. Zach and K. Karner. Prefetching Policies for Remote Walkthroughs. Accepted to 10-th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision 2002. 4 – 8 February 2002. Pilsen, Czech Republic.