

Erfassung, Visualisierung und Interaktion von 3D Geodaten am Beispiel von NEXUS

Norbert HAALA, Darko KLINEC, Claus BRENNER
Institut für Photogrammetrie,
Universität Stuttgart

ZUSAMMENFASSUNG

Am Beispiel des Forschungsprojektes NEXUS sollen die Möglichkeiten der Erfassung und Nutzung virtueller 3D Stadtmodelle innerhalb von ortsbezogenen Anwendungen beschrieben werden. Im ersten Teil des Artikels wird ein Verfahren zur automatischen Generierung von Stadtmodellen aus Höhendaten und existierenden Grundrissen vorgestellt, das die flächendeckende Erfassung großer Bereiche ermöglicht. Die Interaktion des Nutzers mit den erfassten und mit zusätzlichen Informationsdiensten angereicherten Geodaten innerhalb von NEXUS wird im zweiten Teil beschrieben. Dabei ist vor allem die Positionierung des Nutzer innerhalb seiner realen und virtuellen Umgebung von Interesse.

1. EINLEITUNG

Im Rahmen des Projektes NEXUS soll eine Plattform zur Unterstützung von Anwendungen mit Ortsbezug für mobile Anwender entwickelt werden. Da die Position des Nutzers als bekannt vorausgesetzt wird (location awareness) können verschiedene Dienste wie räumliche Abfragen oder Telepointing verfügbar gemacht werden. Die ortsbezogenen Anwendungen setzen dabei auf 3D GIS-Modellen auf und sollen dem Nutzer auf handlichen PDA's bereitgestellt werden. Ein relativ naheliegendes Anwendungsbeispiel eines solchen Systems ist die Realisierung einer personenbezogenen Navigation in sehr komplexen, bebauten Gebieten bei denen der gesuchte Weg nicht mehr in einer 2D Kartendarstellung, sondern erheblich wirklichkeitsnaher in einem virtuellen 3D Modell der Umgebung repräsentiert wird. Weiterhin soll auch der Übergang vom Außenbereich in die jeweils interessierenden Gebäude unterstützt werden, um so beispielsweise die Suche nach bestimmten Räumen oder Personen zu unterstützen. Generell soll der Nutzer in seiner realen Welt durch virtuelle Modelle unterstützt werden, die seine Umgebung anreichern. Darüber hinaus sind die

virtuellen Modelle mit zusätzlicher Information verknüpft (augmented world), die durch entsprechende Dienste bereitgestellt werden kann.

Neben Fragestellungen der effektiven Übertragung, Bereitstellung und Repräsentation von Geodaten müssen vor allem Probleme der Datenerfassung und Positionierung gelöst werden. Ein erster Schwerpunkt innerhalb der durchzuführenden Arbeiten liegt deshalb in der Bereitstellung virtueller Stadtmodelle. Der dazu entwickelte Ansatz eignet sich zur vollautomatischen Rekonstruktion der Gebäude, zur interaktiven Korrektur und Verbesserung der dabei generierten Ergebnisse sowie zur semi-automatischen Gebäudeerfassung. Die Umsetzung des Lösungskonzeptes sowie die Darstellung der unterschiedlichen Verfahrensschritte wird anhand eines größeren Projektes demonstriert, bei dem das Verfahren zum Einsatz kam.

Neben der möglichst effektiven Erfassung und Repräsentation virtueller Modelle, stellt die Positionierung des Nutzers in der realen und virtuellen Welt eine weitere Grundaufgabe von NEXUS dar. Als Basissensor wird zu diesem Zweck ein DGPS-System verwendet. Als zusätzliche Informationsquelle sollen jedoch auch Bilder verwendet werden, die mit einer in das System integrierten Kamera aufgenommen werden. Durch zusätzliche Sensorkomponenten wie Neigungsmesser und digitaler Kompass, aber auch Methoden der automatischen Bildinterpretation können diese Bilder in Bezug zu den bereits erfassten GIS-Objekten (z.B. den Gebäuden) orientiert werden. Da anschließend die Bilder (zusammen mit dem Nutzer) im Raum positioniert und orientiert sind, können virtuelle Objekte oder Darstellungen ausgewählter Gebäude den Bildern hinterlegt und mit zusätzlicher Information verknüpft werden. Damit kann der Nutzer bei Bedarf auf bestimmte Bildbereiche zeigen und so auf die jeweilige, mit den Objekten verknüpfte Information zugreifen (Telepointing).

2. ERFASSUNG VON 3D STADTMODELLEN

Ein 3D-Stadtmodell wie es für die geplanten Anwendungen innerhalb von NEXUS benötigt wird besteht aus Geometrie-, Gelände-, Attribut- und Bilddaten. Dabei liefern die Geometriedaten 3D Beschreibungen der relevanten Objekte, d.h. vor allem der Gebäude, die Geländedaten stellen die Oberfläche des Geländes durch ein Digitales Geländemodell (DGM) dar und die Attributdaten beinhalten Information über die jeweilige Landnutzung bestimmter Bereiche oder die Eigenschaften einzelner Objekte wie beispielsweise Nutzungsart oder Baujahr von Gebäuden. Die Textur der Objektoberflächen für die Visualisierung wird durch die Bilddaten zur Verfügung gestellt.

Da Gebäude die wichtigsten Elemente innerhalb eines virtuellen Stadtmodells darstellen, müssen zunächst Verfahren bereitgestellt werden, die eine effektive und kostengünstige Erfassung solcher Objekte ermöglichen. Zur automatischen Generierung der benötigten Geometriedaten wurde deshalb ein Verfahren entwickelt, das vorhandene Grundrissdaten eines 2D-Geoinformationssystems mit durch Laserscanning gemessenen Höhendaten kombiniert.

2.1 Verfahren der Gebäuderekonstruktion

Fast alle Gebäude lassen sich durch eine Kombination ebener Flächen, d.h. durch einen allgemeine Polyeder repräsentieren. Dabei kann die Erfassung der polyedrischen Gebäudemodelle und damit der Prozess der Gebäuderekonstruktion in zwei Schritte unterteilt werden:

Die **3D Datenerfassung**, die beispielsweise auf der manuellen oder halb-automatischen Punktmessung in Stereoluftbildern basiert. Alternativ kann für die 3D Datenerfassung ein DHM verwendet werden, das durch automatische Stereobildzuordnung abgeleitet oder durch Laserscanning direkt erfasst wird.

Die **Strukturierung** der gemessenen 3D Daten, bei der Topologien zwischen den gemessenen Punkten aufgebaut werden, um so zu einer CAD-konformen Objektbeschreibung zu gelangen. Die Strukturierung umfasst auch die Unterteilung der gemessenen Punkte in verschiedene Objektkategorien (z.B. Trennung in Gebäude und Geländeoberfläche) sowie bei Bedarf die Auswahl von Punkten, die eine Objektfläche beschreiben.

Interaktive bzw. semi-automatische Verfahren kombinieren häufig beide Schritte, in dem beispielsweise Punkte in strukturierter Form (Erfassungsreihenfolge, Layerzuordnung) erfasst werden (Grün & Wang 1998). Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von einfachen Grundelementen zur Darstellung von Gebäuden, die von dem Operateur ausgewählt und semi-automatisch in Luftbilder eingepasst werden (Gülch et.al. 1999). Durch solche Grundelemente, wie sie auch in dem hier vorgestellten Verfahren verwendet werden, ist die topologische Struktur der 3D Punkte und Linien bereits implizit vorgegeben.

In dem am Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart entwickelten Verfahren ATOP werden beide Schritte der Gebäuderekonstruktion – 3D Datenerfassung und Strukturierung – getrennt und mit unterschiedlichen Daten durchgeführt. Die Strukturierung basiert auf der automatischen Interpretation vorhandener Gebäudegrundrisse, während der 3D Datenerfassung Höhendaten in Form eines DHM zugrunde liegen. Der Vorteil bei

der Verwendung eines DHM gegenüber der Verwendung von Luftbildern liegt darin, dass der Informationsgehalt des DHM bereits auf die in unserem Fall relevante geometrische Information reduziert ist. Im Vergleich zu Luftbildern wird deshalb die automatische Auswertung solcher Daten erheblich vereinfacht

2.2 Erfassung von 3D Daten

Eine Kernaufgabe der klassischen Photogrammetrie ist die dreidimensionale Messung von Objektpunkten aus Bildern. Um einen Objektpunkt dreidimensional zu bestimmen, muss er in mindestens zwei Bildern identifiziert und gemessen werden. Die Automatisierung dieses Vorgangs hat sich als besonders schwierig erwiesen, weil insbesondere die sichere Identifikation von Objektpunkten nur durch eine Interpretation des Bilds möglich ist. Damit werden Ansätze aus dem Bereich des maschinellen Sehens und der künstlichen Intelligenz erforderlich. Heute existierende, automatische Bildzuordnungsverfahren (Matching) werden hauptsächlich zur Herstellung von Geländemodellen verwendet.

Im Unterschied zu der rein passiv arbeitenden Photogrammetrie wird beim Laserscanning die Oberfläche aktiv abgetastet. Von einem Flugzeug aus werden Laserpulse auf die Erdoberfläche gesendet, die am Boden reflektiert und wiederum vom Laserscanner registriert werden. Durch die Messung der Laufzeit kann die Distanz zu dem Reflektionspunkt bestimmt werden. Steht gleichzeitig die Position und Lage des Lasers zum Zeitpunkt der Messung zur Verfügung, kann durch polares Anhängen die dreidimensionale Position der Reflektionspunkte bestimmt werden. Typischerweise liegt die Messpunktdichte beim flugzeuggestützten Laserscanning im Bereich von etwa einem Punkt pro Quadratmeter. Die Messgenauigkeit der einzelnen Punkte liegt bei etwa 10-20 cm. Eine Übersicht über Verfahren und aktuelle Systeme des Laserscannings geben (Lohr & Wehr 1999).

Werden die Höhendaten mit Luftbildern überlagert sind schon zu diesem Zeitpunkt realistische Visualisierungen möglich (Abb. 1). Bei dem zugrundeliegenden Digitalen Höhenmodell (DHM) handelt es sich jedoch um eine rein ikonische Repräsentation, die nicht objektbezogen vorliegt. Des weiteren ist die Darstellung derartiger Modelle aufgrund der großen Datenmenge sehr rechenintensiv. Das Ziel der weiterführenden Verarbeitung und der dabei durchzuführenden Interpretation ist es deshalb, aus den Laserpunkten bzw. dem daraus abgeleiteten DHM ein dreidimensionales CAD-Modell für jedes Gebäude zu bestimmen. Nur so ist die Anbindung an ein Informationssystem möglich, welches beispielsweise die Suche nach bestimmten Gebäuden oder Gebäudeeigenschaften erlaubt.



Abb. 1: Digitales Höhenmodell (DHM) mit überlagertem Luftbild

2.3 Ableitung von CAD Modellen

Zur Ableitung eines CAD-Modells ist die Strukturierung und damit die Interpretation der 3D Punktdaten notwendig. Dies fällt einem menschlichen Beobachter meist leicht, ist jedoch schwierig zu automatisieren. Um möglichst viel an menschlichem (Vor)wissen in den Auswerteprozess zu integrieren, werden dazu existierende Grundrisse der Gebäude verwendet. Diese Daten werden in der Regel durch einen Operateur erfasst und sind somit das Produkt menschlicher Interpretation. Nur durch die Verwendung des in den Grundrissen implizit enthaltenen Vorwissens ist eine weitgehende Automation des weiteren Verfahrens möglich. Neben den rein algorithmischen Aspekten hat es sich zudem als Vorteil erwiesen, dass durch die Verwendung eines existierenden 2D GIS Probleme der Integrität zwischen 2D und 3D Daten verhindert werden und damit auch die gemeinsame Fortführung der Datenbestände erleichtert wird. Falls die benötigten Grundrisse nicht schon vorhanden sind, können sie zudem mit Standardrechnern und Standardsoftware relativ schnell und kostengünstig vor Beginn der eigentlichen Gebäuderekonstruktion durch Digitalisierung aus Orthophotos oder Karten abgeleitet werden.

Das Ablaufdiagramm des Algorithmus ist in (Abb. 2) dargestellt. Die verwendeten Eingabedaten sind dabei auf der linken Seite, die resultierenden Ausgabedaten auf der rechten Seite aufgeführt. Die beiden Pfeile markieren Stellen, an denen eine Modifikation der Ergebnisse durch interaktiven

Eingriff in die Datenprozessierung möglich ist. Die zu rekonstruierenden Gebäude werden in dem vorgestellten Verfahren durch die Kombination einfacher 3D Grundelemente oder Primitive beschrieben. Dadurch kann die Rekonstruktion auch komplexer Gebäude auf die Bestimmung der Parameter dieser Grundelemente reduziert und damit vereinfacht werden. Zur Initialisierung der 3D Primitive beginnt die Prozessierung deshalb zunächst mit der Zerlegung des Grundrisspolygons in 2D Grundelemente, d.h. in einzelne Rechtecke. Jedes dieser Rechtecke definiert anschließend die Grundfläche des zugehörigen 3D Primitivs, d.h. die Position, Orientierung und Größe des 2D Elements bestimmen die entsprechenden Werte des 3D Gebäudeelements. Als zu bestimmende Parameter verbleiben somit noch die Dachform, die Höhe des Gebäudes und die Dachneigung. Als mögliche Dachformen der Gebäudeelemente sind derzeit Flach-, Giebel- und Walmdach vorgesehen. Die unbekannt Parameter werden in einem anschließenden Schritt durch eine Kleinste-Quadrate-Schätzung bestimmt, bei der die Differenzen zwischen der zu rekonstruierenden Dachfläche und dem DHM minimiert werden. Dachbereiche, die Kamine oder andere Aufbauten enthalten, werden zunächst im Rahmen einer Segmentierung detektiert und gehen nicht in die Rekonstruktion der Dachform ein. Im Rahmen dieser Segmentierung wird ebenfalls Grundrissinformation verwendet, die Vorwissen über mögliche Orientierungen der Dachflächen liefert (Haala & Brenner 1999).

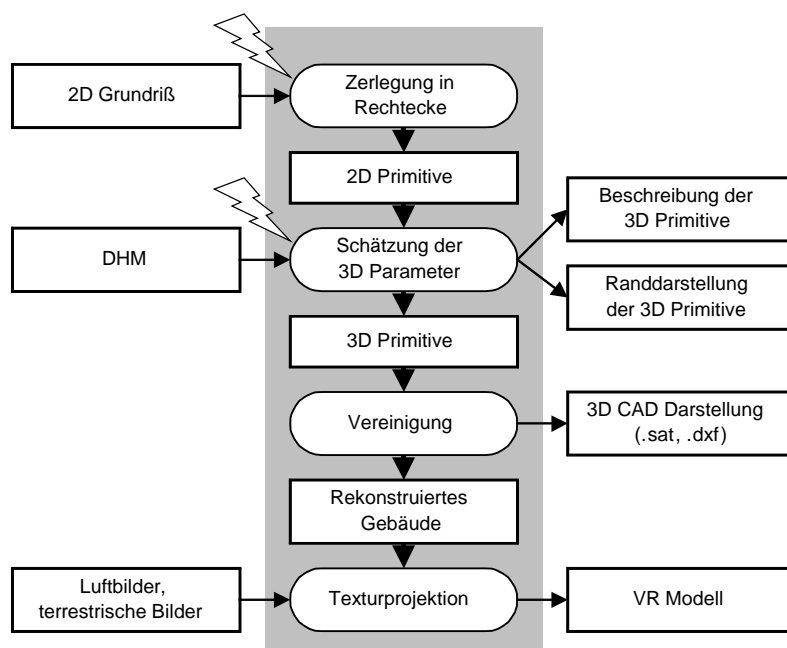


Abb. 2 Ablauf der 3D Gebäuderekonstruktion

Da unterschiedliche Dachformen zur Verfügung stehen, wird das 3D Primitiv mit dem geringsten verbleibenden Residuum ausgewählt. Nach diesem Schritt stehen für jedes Gebäude die rekonstruierten Grundelemente zur Verfügung, d.h. das gesamte Gebäude wird durch ineinander verschachtelte 3D Primitive repräsentiert, wie dies auch bei einer Beschreibung durch CSG (Constructive Solid Geometry) üblich ist. Für die meisten Anwendungen wird jedoch eine 3D Randdarstellung benötigt, was eine Vereinigung der Grundelemente der CSG-Beschreibung erfordert. Da eine solche Operation zu den Grundaufgaben von CAD-Programmen gehört, wird hierzu auf eine kommerzielle Programm-Bibliothek zurückgegriffen, die neben der Vereinigung der Grundelemente auch die Ausgabe der resultierenden Randdarstellung erlaubt.

Die einzelnen Schritte des Verfahrens sind beispielhaft in Abb. 2 bis Abb. 6 dargestellt. Abb. 2 zeigt den Grundriss des Gebäudes nach der Zerlegung in einzelne Rechtecke. Für jedes dieser Rechtecke wird durch den Vergleich mit der DHM-Oberfläche ein 3D Primitiv rekonstruiert. Dazu wird die passende Dachform ausgewählt und die Traufhöhe des Gebäudes und die Dachneigungen werden bestimmt (Abb. 3). Zur Erzeugung einer Randdarstellung werden zum Abschluss der Rekonstruktion die 3D Grundelemente miteinander vereinigt. Die Vereinigung besteht aus einer Verschneidung der 3D Primitive mit einer anschließenden Elimination von Flächen innerhalb des resultierenden Gebäudekörpers. Abb. 6 zeigt nochmals das Ergebnis des Verfahrens, wobei in dieser Darstellung zusätzlich das zur Rekonstruktion verwendete DHM überlagert wurde.



Abb. 2: Rechteckzerlegung des Grundrisses

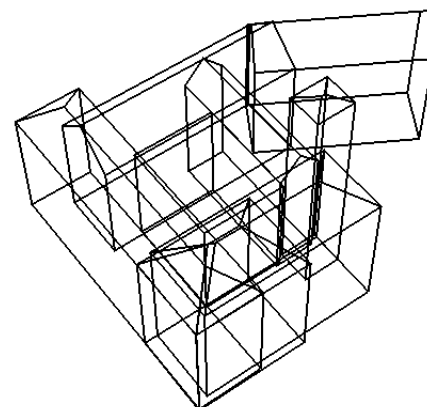


Abb. 3: Rekonstruierte 3D Primitive

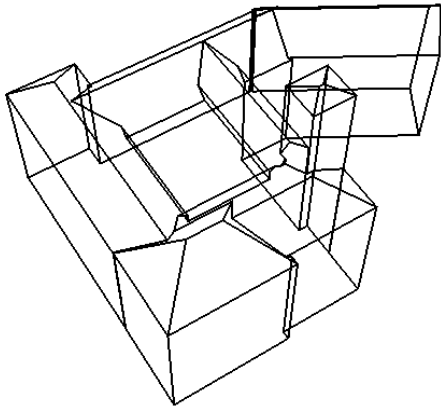


Abb. 4: 3D Randdarstellung des Gebäudes

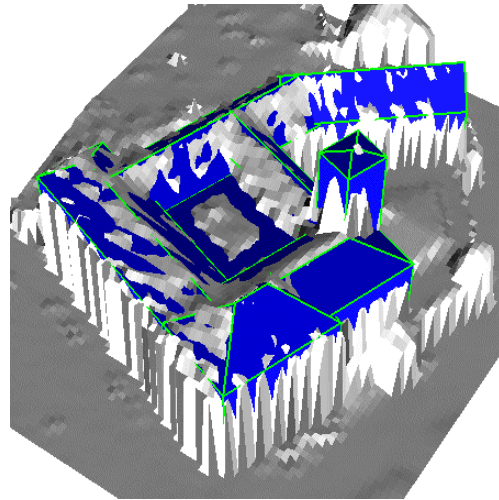


Abb. 5: Rekonstruiertes Gebäude und DHM



Abb. 6: Ergebnis der automatischen Gebäuderekonstruktion

Das Ergebnis des Verfahrens für ein größeres Testgebiet ist in Abb. 7 dargestellt. In diesem Bereich der Stadt Stuttgart mit einer Ausdehnung von 1.8km x 2.3km wurden insgesamt 5208 Gebäude automatisch rekonstruiert. Die Grundrisse der Gebäude wurden in diesem Fall aus der Stadtgrundkarte 1:500 bzw. aus der direkten Einmessung abgeleitet; der Datenbestand lag bereits in digitaler Form vor. Nahezu alle Gebäude wurden durch das Verfahren mit ausreichender Genauigkeit rekonstruiert, lediglich

für vereinzelte Gebäude sind grobe Fehler in der Dachform deutlich erkennbar. Eine Hauptursache für diese fehlerhaften Rekonstruktionen lag bei den vorliegenden GIS Daten, in denen die Innenhöfe der Gebäude teilweise nicht enthalten waren.

In solchen Fällen ist eine manuelle Nachbearbeitung des Ergebnisses der automatischen Rekonstruktion erforderlich. Zu diesem Zweck steht ein entsprechendes Programmpaket zur Verfügung, das eine interaktive Modifizierung der Grundrisselemente erlaubt (Brenner 1999).

2.4 Texturierung

Sind zusätzlich zu den verwendeten DHM und Grundrissdaten noch Luftbilder mit bekannten Orientierungsparametern vorhanden, können im Anschluss an die eigentliche Rekonstruktion die erfassten Gebäude in das Luftbild projiziert und die entsprechende Bildinformation auf die 3D Gebäudekörper aufgebracht werden. Ein solches Vorgehen ist in der Regel jedoch nur dann ausreichend, wenn lediglich für die Dächer oder auch für die Geländeoberfläche Bildtextur benötigt wird (siehe Abb. 7). Für die Texturierung der Gebäudefassaden wird aufgrund des ungünstigen Blickwinkels der Luftbilder üblicherweise auf terrestrische Aufnahmen zurückgegriffen (Abb. 9). In dem derzeitigen Verfahren werden dazu die Eckpunkte der Fassade manuell selektiert, der entsprechende Bildausschnitt wird perspektivisch entzerrt und anschließend mit dem korrespondierenden 3D Polygon des rekonstruierten Gebäudes verknüpft.



Abb. 7: Visualisierung des Stadtmodells mit überlagertem Luftbild



Abb. 8: Visualisierung der Gebäude mit terrestrischen Bildern

Da das manuelle Aufbringen der Fassadentextur eine Engpass des derzeitigen Verfahrens darstellt, soll in Zukunft analog zu der Texturierung mit Luftbildern zunächst die Orientierung der Kamera bei der Bildaufnahme bestimmt werden, um anschließend die sichtbaren Flächen des rekonstruierten Gebäudes automatisch mit Textur zu belegen. Dies wird durch die Positionierungskomponente von NEXUS ermöglicht werden.

3. NEXUS – ANWENDUNGEN MIT ORTSBEZUG

Das Projekt NEXUS zielt auf die Entwicklung einer Plattform zur Unterstützung von ortsbewussten Applikationen (location aware applications). Ortsbezogene Anwendungen kennen die gegenwärtige Position eines mobilen Nutzers, die sie entweder direkt mit einem integrierten Sensorsystem bestimmen oder indirekt von einem Positionierungsdienst erhalten. Da potentiellen Anwendungen die Position des Nutzers im räumlichen Modell bekannt ist, kann die jeweils an der gegenwärtigen Position benötigte Information ausgewählt und zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus stehen dem Nutzer typische ortsbezogene GIS-Anwendungen wie Navigation oder räumliche Abfragen zur Verfügung.

3.1 Architektur der Plattform

Um mit NEXUS ortsbewusste Dienste bereitzustellen, ist die Systemarchitektur in die vier Einheiten

- User Interface
- Sensor Systeme
- Informations- / Datenmanagement
- Kommunikationsschicht

aufgeteilt (Abb. 9). Das bereitzustellende, standardisierte Interface befindet sich auf mobilen Endgeräten und muss die jeweiligen geräte- und infrastrukturenspezifischen Gegebenheiten berücksichtigen. Dadurch wird er-

reicht, dass verschiedene NEXUS-Stationen, die auf Hardwarekomponenten wie PDA oder Subnotebooks basieren, an dem Service teilnehmen können. Aufgrund der Interaktionsmöglichkeiten und der Leistungsmerkmale wird beispielsweise ein PDA ein anderes Interface benötigen, als ein leistungsfähigeres Subnotebook. Da NEXUS plattformunabhängig bereitgestellt werden soll, ist es erforderlich, die gerätespezifischen Unterschiede in dem jeweiligen Interface zu berücksichtigen. Zusätzlich dienen die in die NEXUS-Station integrierte Sensorsysteme dazu, den aktuellen Zustand und die spezifischen Eigenschaften der Umgebung zu erfassen sowie nutzer- und objektspezifische Information bereitzustellen, wie z.B. Position, Blickrichtung oder Temperatur. Die NEXUS-Station muss daher mit einer Anzahl unterschiedlicher Sensoren ausgestattet sein. Das Informations- und Datenmanagement stellt die angefragten Informationen und Daten bereit, der Datentransfer und die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten wird von der Kommunikationsschicht durchgeführt (Fritsch et. al. 2000).

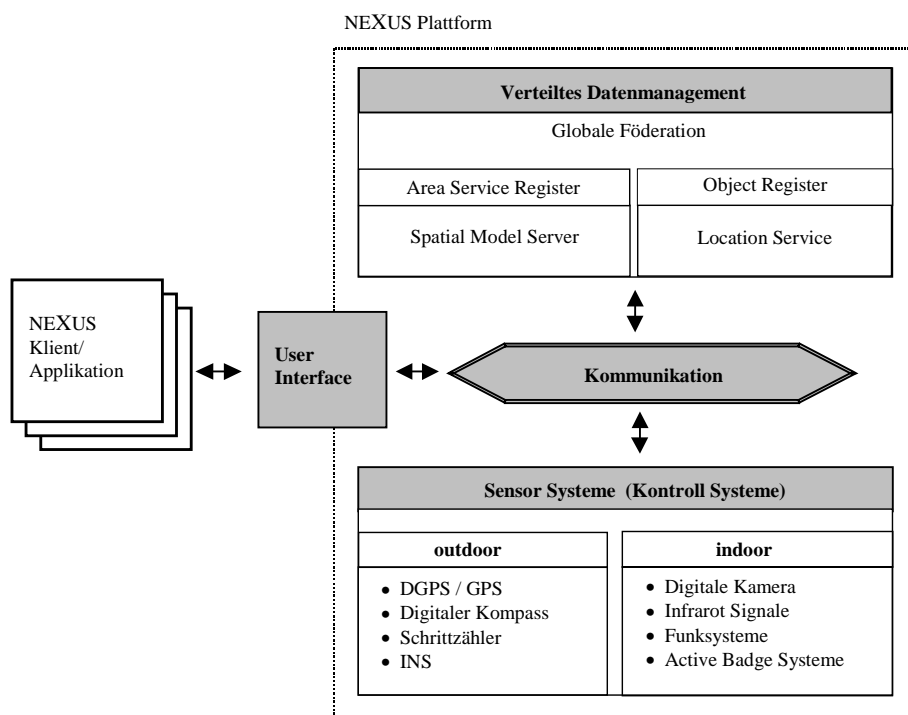


Abb. 9: Architektur der NEXUS Plattform

3.2 Ortsbezogene Dienste

Die Bereitstellung von ortsabhängiger Information und Funktionalität ist eine Grundfunktionalität von NEXUS und wird als ortsbezogener Dienst

bezeichnet (Hohl et. al. 1999). Für die Realisierung dieser Dienste ist innerhalb von Nexus parallel zur realen Welt eine virtuelle Welt, d.h. ein Datenmodell der realen Welt vorhanden (Abb. 10). Innerhalb des virtuellen Modells kann die reale Welt mit zusätzlichen Elementen wie z.B. virtuellen Litfasssäulen (ViLis) angereichert werden, um so dem Nutzer eine erweiterte Realität (augmented reality) bereitzustellen.

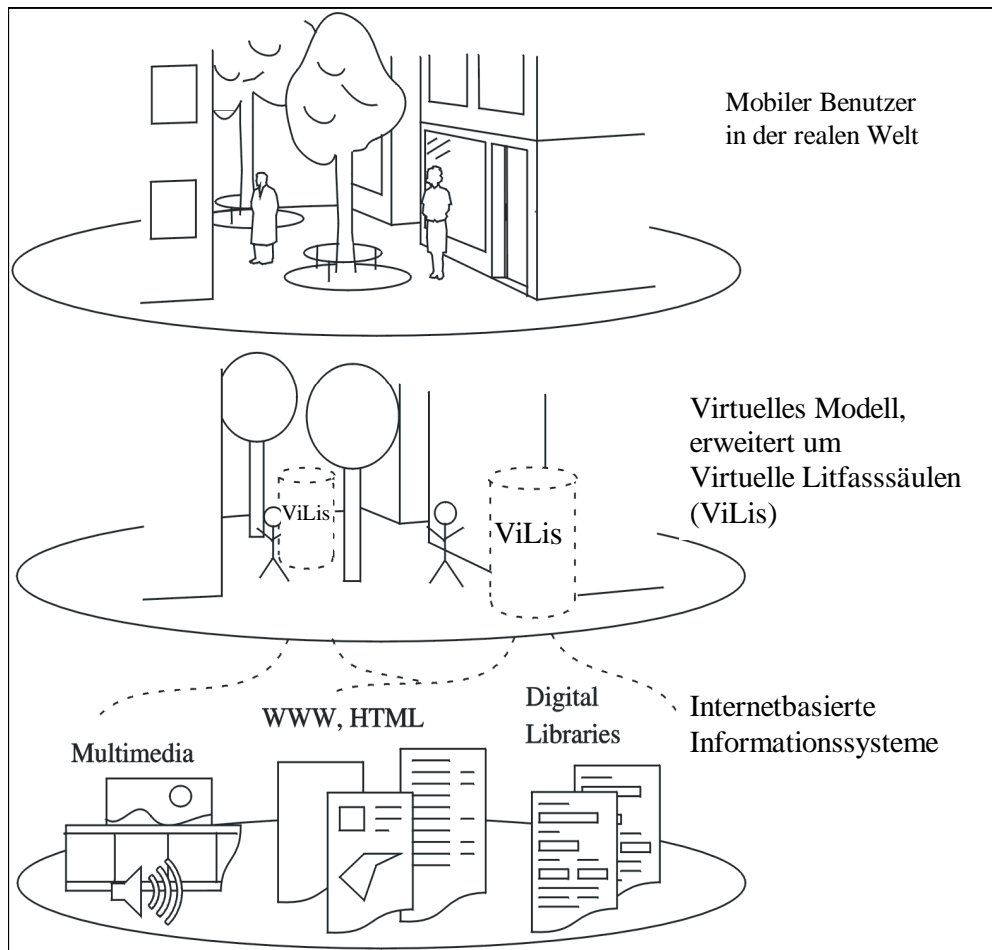


Abb. 10: Verbindung zwischen realer und virtueller Welt

3.2.1 Virtuelle Litfasssäulen (ViLis)

Virtuelle Litfasssäulen sind Objekte, die die reale Welt anreichern und Informationen, die für ein bestimmtes Gebiet von Interesse sind, strukturiert vorhalten (Leonhardi et. al. 1999). ViLis haben die Eigenschaft, dass sie an jedem beliebigen Ort aufgestellt werden können und einen festgelegten Sichtbarkeitsbereich besitzen (Abb. 12). Beispielsweise könnte es für ein Kaufhaus von Interesse sein, die vorbeigehenden Passanten über die aktuellsten Sonderangebote zu informieren. Dazu wird das Kaufhaus eine ViLi

am Eingangsbereich postierten, die eine gewisse Reichweite hat. Gelangt nun ein Nutzer von NEXUS in diesen Sichtbarkeitsbereich, dann wird er über die aktuellsten Sonderangebote informiert. Will der Nutzer für solche ViLis unerreichbar sein, dann kann er dies in einem User Profil einstellen, das von der NEXUS Station bereitgestellt wird. Ebenso können ViLis beispielsweise auf Messen verwendet werden, um darauf Informationen abzuliegen. Im Eingangsbereich könnte eine ViLi einen Messeplan mit allgemeinen Informationen enthalten. Weitere virtuelle Litfasssäulen in den Messehallen könnten Produktinformationen der einzelnen Anbieter enthalten. Für den Bereich des öffentlichen Verkehrs könnten die aktuellen Fahrpläne, Verspätungen und sonstige Informationen abgelegt sein, die für einen Nutzer an dieser Örtlichkeit von Interesse sind.

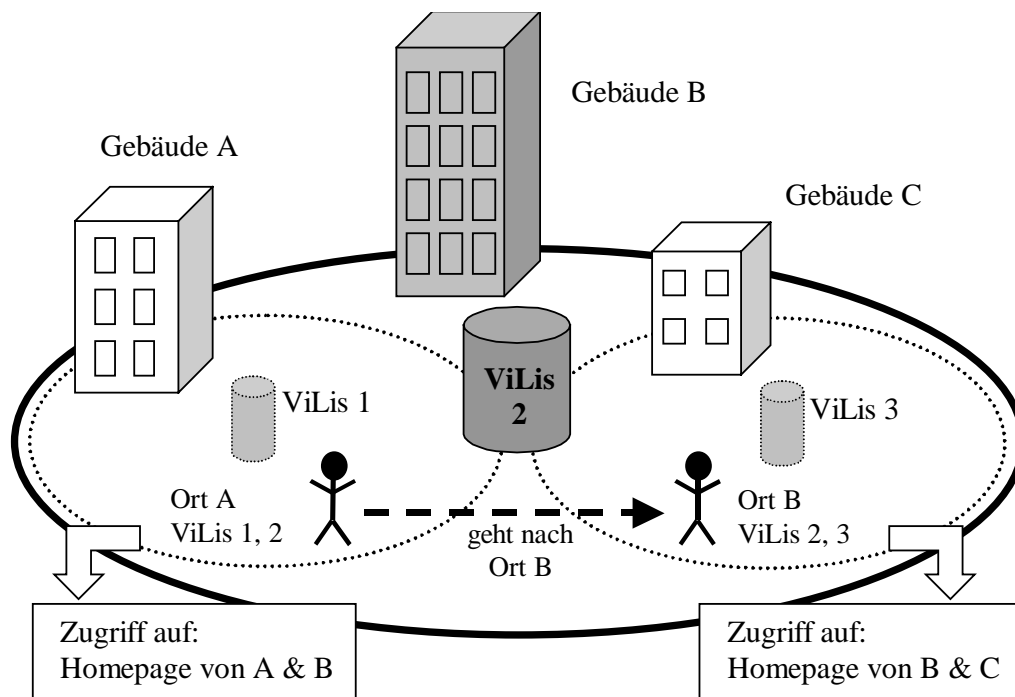


Abb. 11: Virtuelle Litfasssäulen (ViLis)

Neben dem passiven Zugriff auf die ViLis, besteht auch die Möglichkeit aktiv darauf zuzugreifen. Da ein virtuelles Modell existiert, kann man sich die ViLis einer Stadt bzw. eines definierten Gebietes anzeigen lassen und dann gezielt auf die enthaltenen Informationen zugreifen, ohne sich in deren Nähe zu befinden.

3.2.2 Zeigefunktionalität

Befindet sich ein Nutzer von NEXUS in einer Stadt, dann wird für ihn nicht nur passive Information von Interesse sein, sondern er wird auch ak-

tiv und gezielt auf Informationen *realer* Objekten zugreifen wollen. Die Zeigefunktionalität (Telepointing) ist eine Methode, um Objekte zu identifizieren, auf deren Information man zugreifen möchte. Beispielsweise könnte sich ein Nutzer für ein bestimmtes Gebäude interessieren, an dem er gerade vorbeigeht. Damit auf die Informationen zugegriffen werden kann, muss das Objekt eindeutig identifiziert werden. Ein zeigen auf das Objekt ist die intuitivste Möglichkeit, um diesen Bezug herzustellen. Um diese Funktionalität bereitzustellen, ist eine Bestimmung der Position und Blickrichtung bzw. Zeigerichtung des Nutzers erforderlich. Dazu werden geeignete Sensoren benötigt, auf die im nachfolgenden Kapitel noch genauer eingegangen wird.

3.3 Positionierungskomponenten

Bestandteil von NEXUS ist das Ortsbewusstsein (location awareness), das durch den Einsatz verschiedener Positionierungskomponenten bereitgestellt werden muss. Generell gibt es verschiedene Ansätze, die Position eines mobilen Nutzers zu bestimmen. Eine Unterscheidung lässt sich aufgrund der Einsatzgebiete in outdoor und indoor durchführen, d.h. innerhalb und außerhalb von Gebäuden. Im weiteren Verlauf wird nur die outdoor Positionierung mit dem Teilaspekt Zeigefunktionalität näher betrachtet.

Die Positionierungskomponente von NEXUS verwendet zur Lokalisierung ein DGPS als Basissensor. Dabei handelt es sich im derzeitigen System um einen Garmin 25 LP DGPS Empfänger, der den ALF Dienst (Accurate Positioning by Low Frequency) der deutschen Telekom nutzt. Dieser Dienst sendet Korrekturdaten über Langwelle aus und ist in einem Umkreis von 600-800 km um Mainflingen (Frankfurt a.M.) zu empfangen.

Die Aktualität der Korrekturdaten beträgt 3 Sekunden und die resultierende Positionierungsgenauigkeit liegt im Bereich von 2-5 Metern (BKG 2000). Neben der reinen Positionsinformation verwendet NEXUS zusätzlich Bildinformationen und Methoden der Bildinterpretation, um einen Bezug zu den bereits erfassten Objekten (z.B. Gebäude, etc.) herzustellen und damit auf Informationen zuzugreifen, die mit den Objekten verknüpft ist.

Zur Erzeugung der Bildinformation wird eine digitale Kamera (SONY DFW-V500) mit Fire Wire (IEEE 1394) Schnittstelle verwendet. Diese Schnittstelle hat den Vorteil, dass der Datentransfer zwischen Kamera und einem leistungsfähigen, mobilen Gerät direkt erfolgen kann und die Daten digital übertragen werden. Um das abgebildete Objekt anhand seiner Koordinaten zu identifizieren und Information über Position und Orientierung der Kamera bei der Bildaufnahme zu erhalten, wird das System das System MAPSTAR-LADIS verwendet (Abb. 13, links), an das die digitale Kamera

befestigt werden kann. In diesem System sind Komponenten zur Positionierung und Orientierung wie DGPS, Kompass, Neigungsmesser integriert. Zusätzlich ist ein Distanzmesser vorhanden, sodass die zur Interaktion mit den bereits erfassten Geodaten benötigte benötigte Information bereitgestellt werden kann.



Abb. 12: Zeigeinstrument (MAPSTAR-LADIS)

3.4 Anwendungen - Interaktion mit erfassten 3D Geodaten

Geplante Anwendung der mit dem Sensorsystem erfassten und orientierten Bilder, liegen in der Visualisierung des mit zusätzlichen Objekten erweiterten virtuellen Modells (augmented reality), sowie in der automatischen Gewinnung von Fassadentextur.

Für die **Darstellung virtueller Objekte** werden die georeferenzierten und orientierten Bilder verwendet. Diesen lassen sich dann ausgewählte Gebäude und virtuelle Objekte überlagern, die zusätzlich mit Informationen verknüpft werden können (Abb. 14). In diesem Fall dienen die Parameter der äußeren Orientierung dazu, die sichtbaren virtuellen Objekte herauszufiltern und sie für die Visualisierung in der entsprechenden Stelle des Bildes bereitzustellen. Die Bilder können dann als Kommunikationsschnittstelle für weitere Anwendungen verwendet werden, da in dem orientierten Bild das virtuelle Modell und die damit verknüpfte Information mit den jeweiligen Bildkoordinaten implizit enthalten ist. Deshalb können Fragen wie „Was für ein Gebäude ist auf dem Bild“, „Zeige mir ein bestimmtes Objekt im Bild“ etc. über eine solche Schnittstelle relativ einfach behandelt werden, indem der Nutzer auf bestimmte Bereiche des Bildes zeigt.

Im Rahmen der Datenerfassung für virtuelle Stadtmodelle soll das integrierte System zukünftig auch zur **Texturierung** der Gebäude mit terrestrischen Bildern eingesetzt werden. Das bisherige manuelle Verfahren zur Texturierung der Gebäudefassaden (siehe Abschnitt 2.4) ist derzeit noch mit sehr viel Aufwand verbunden. Wird jedoch während der Bildaufnahme Position und Orientierung der Kamera bestimmt, kann die Korrespondenz zwischen den übergeordneten 3D Weltkoordinaten (d.h. den Koordinaten der zuvor rekonstruierten Gebäudemodelle) und den zugehörigen 2D Bildkoordinaten (Koordinaten der Fassadeneckpunkte in den aufgenommenen Bildern) hergestellt werden.

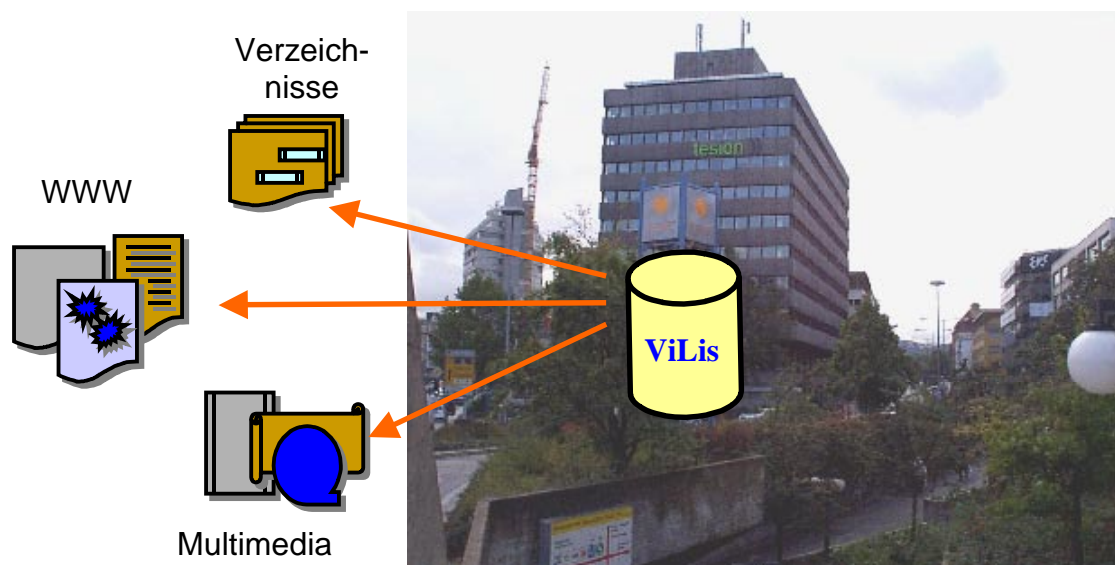


Abb. 13: Bild der realen Welt, hinterlegt mit virtuellem Objekt und zusätzlicher Information

Basierend auf den korrespondierenden Bild- und Objektpunkten soll dann in einem vollautomatischen Schritt der entsprechende Bildausschnitt entzerrt und auf die Fassade aufgebracht werden (Abb. 14). Um aus den Bildern Fassadentextur zu extrahieren, ist jedoch eine gute Übereinstimmung zwischen rekonstruierter Gebäudegeometrie und Bildinhalt notwendig. Die Genauigkeit der direkt gemessenen Orientierung ist für diesen Zweck in der Regel nicht ausreichend, sodass eine weitere Verbesserung der Orientierungsparameter durch eine automatische Bild-Objektzuordnung notwendig ist. Ohne entsprechendes Vorwissen ist die durchzuführende Bild-Objektzuordnung extrem komplex, aufgrund der zur Verfügung stehenden näherungsweisen Kameraposition und -orientierung kann eine Vereinfachung dieses Problem erreicht werden.

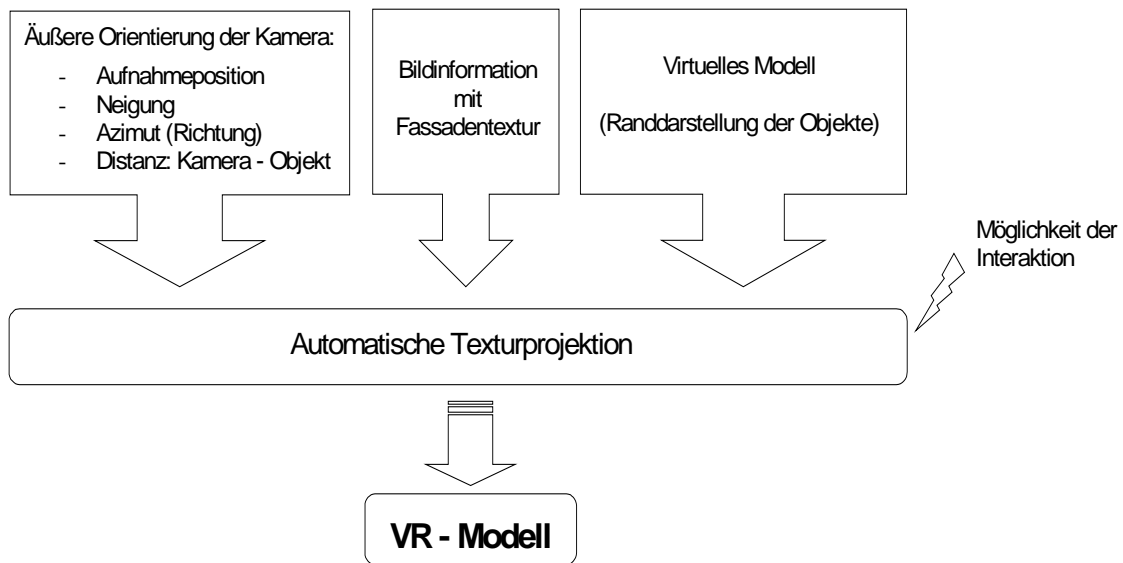


Abb. 14: Schema der automatische Texturierung

4. ZUSAMMENFASSUNG

Ortsbezogene Anwendungen, wie sie in dem vorgestellten Projekt NEXUS angestrebt werden, setzen die Verfügbarkeit genauer, detaillierter und wirklichkeitsnaher 3D Repräsentationen der Umgebung voraus, sodass für die Erfassung und Nachführung der benötigten virtuellen Stadtmodelle effektive und kostengünstige Verfahren bereitgestellt werden müssen. Von zunehmender Bedeutung wird darüber hinaus die Möglichkeit einzelner Nutzer über entsprechende Datenbankschnittstellen und Positionierungskomponenten mit den bereitgestellten Geoinformationen zu interagieren. Die Bereitstellung und Integration der benötigten Komponenten wird deshalb einen Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten darstellen.

5. LITERATUR

Brenner, C. (1999): *Interactive Modelling Tools for 3D building reconstruction*. In: Photogrammetric Week '99, S. 23-34, Wichmann Verlag.

BKG (2000): Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. <http://gibs.leipzig.ifag.de/>

Fritsch, D., Klinec D., Volz S. (2000): *NEXUS – Positioning and Data Management Concepts for Location Aware Applications*. In: Proceed-

ings of the Second International Workshop On Telegeoprocessing, pp. 171-184, Nice - Sophia Antipolis, France.

Grün, A. & Wang, X. (1998): *CC-Modeler: A Topology Generator for 3-D City Models*. In: ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing Vol. 53, pp. 286-295.

Gülch, E., Müller, H., Läbe, T. (1999): *Integration of Automatic Processes into Semi-Automatic Building Extraction*. In: IAPRS, Vol. 32, Part3-2W5, pp.177-186.

Haala, N. & Brenner, C. (1999): *Virtual City Models from Laser Altimeter and 2D Map Data*. In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 65, 7, pp. 787-79.

Hohl, F., Kubach, U., Leonhardi, A., Rothermel, K. and Schwehm, M. (1999): *NEXUS – an Open Global Infrastructure for Spatial-Aware Applications*. In: Proc. Of the 5th International Conference on Mobile Computing and Networking, Seattle.

Leonhardi A., Kubach U., Rothermel K., Fritz A. (1999): *Virtual Information Towers - A Metaphor for Intuitive, Location-Aware Information Access in a Mobile Environment*. In: Proceedings of the Third International Symposium on Wearable Computers (ISWC'99), IEEE Press, San Francisco, CA, USA.

Open GIS Consortium (2000): *Inc. Open GIS Consortium*.
<http://www.opengis.org>

Wehr, A. & Lohr, U. (1999): *Theme Issue on Airborne Laser Scanning*. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 42, Nr. 2-3.