

# Das digitale Stadtmodell als Dokument des urbanen Raumes

Gerald FORKERT, Johannes HOLZER

(Dr. Gerald Forkert, No Limits IT GmbH  
Geyschlägergasse 14, A-1150 Wien, [gerald.forkert@nolimits.at](mailto:gerald.forkert@nolimits.at))  
(DI Johannes Holzer, No Limits IT GmbH  
Sandgasse 39, A-8010 Graz, [johannes.holzer@nolimits.at](mailto:johannes.holzer@nolimits.at))

## 1 EINLEITUNG

Zur Erhaltung und Entwicklung des urbanen Lebensraumes wird eine möglichst vollständige und aktuelle Dokumentation des Bestandes benötigt. In diesem Beitrag wird das Fahrzeug gestützte multi sensorale Aufnahmesystem „CityScanner“ vorgestellt, das vom Straßenraum aus mit Hilfe von Digitalkameras und Laserscanning eine vollständiges räumliches Abbild der Stadt erfaßt.

Aus den aufgenommenen Daten lassen sich auf rationelle Art Geoinformationen für verschiedenste Anwendungen gewinnen. Für das digitale Stadtmodell können mit einem eigens entwickelten Softwaremodul weitgehend automatisch Fassadentexturen generiert werden [Karner et al., 2003]. Die digitale Stadtkarte kann kostengünstig aktualisiert oder mit neuen Inhalten erweitert werden; ein geeignetes Softwarepaket ist bereits in Entwicklung. In naher Zukunft sollen auch Anwendungen aus den Bereichen „Verkehr“ und „Katastrophenschutz“ die Aufnahmen des CityScanners nutzen können.

Der CityScanner ist ein Bestandteil des umfassenden Konzeptes „CityGrid“ zur Stadtmodellierung. In seinen Grundzügen wurde dieses Konzept in [Holzer et al., 2002] vorgestellt. Die zugrundeliegenden Entwicklungsarbeiten erfolgen in Zusammenarbeit der Firmen No Limits und Geodata mit dem Kompetenzzentrum VRVis, mit Joaneum Research und mit den Vermessungsabteilungen der Städte Graz und Wien.

## 2 FUNKTIONSPRINZIP DES „CITYSCANNER“

Der CityScanner ist eine fahrzeugintegrierte Multisensorplattform, bestehend aus einem 3D Laserscanner, digitalen Bildsensoren und satellitengestützter Positionsbestimmung auf einer gesteuerten Dreh- und Hubvorrichtung. Mit Hilfe einer visuellen Steuereinheit erfolgt die digitale Datenaufzeichnung. Die gesamte Sensorik hat eine autonome Stromversorgung, arbeitet zeitsynchronisiert und ist zueinander kalibriert. Bei allen Komponenten handelt es sich um praxiserprobte und seriengefertigte Geräte (Abb. 1).

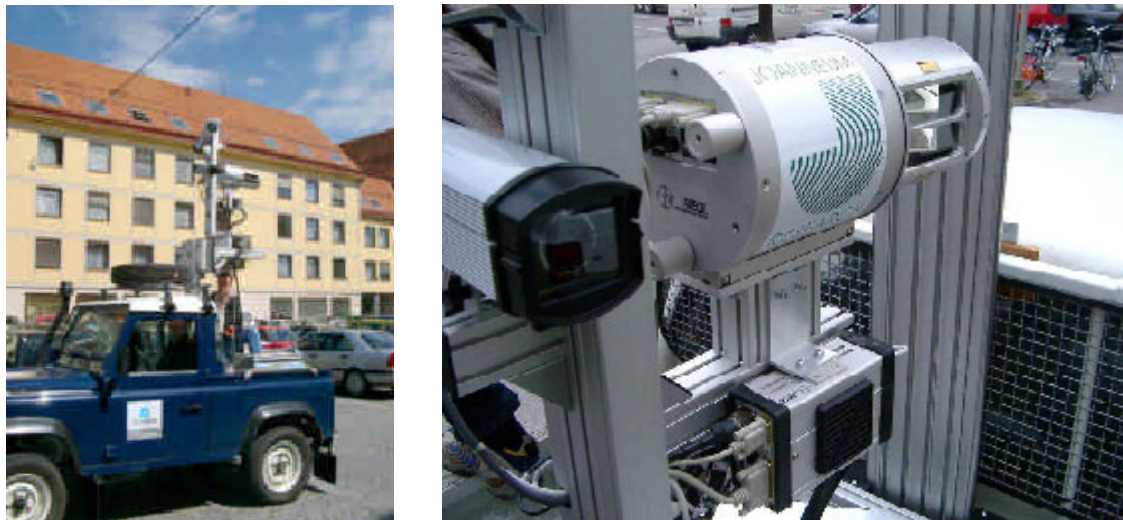


Abbildung 1: Aufnahmeplattform „CityScanner“ auf dem Fahrzeug (links), Laserscanner und Digitalkamera (rechts)

Durch den Prozess des „3D-Imaging“ des CityScanner entsteht eine georeferenzierte, digitale, dreidimensionale und photorealistische Kopie des Aufnahmegebietes. Dieses digitale Kopie steht in ihrer Vollständigkeit einer jederzeit reproduzierbaren Auswertung zur Verfügung.

## 3 BETRIEBSMODI

In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung arbeitet der CityScanner in zwei unterschiedlichen Betriebsmodi:

### 3.1 Continuous-Mode

Ziel des Continuous-Mode ist die rasche und kostengünstige Fassadenaufnahme sowie die Erstellung von True-Orthobildern der Fassaden zur automatisierten Modellierung und Texturierung des digitalen Stadtmodells. So ist es nun möglich von der bisher praktizierten Einzelerfassung ausgewählter Objekte auf eine wirtschaftlich effizientere flächendeckende Dokumentation großer Bereiche überzugehen.

Das Messfahrzeug bewegt sich mit durchschnittlich 5 km/h entlang der aufzunehmenden Gebäude. Der Laserscanner erfasst im Zeilenmodus mit einem Öffnungswinkel von 90° stetig den Horizontalabstand zu den Fassaden. Abhängig vom Fassadenabstand erfolgen die vom Wegsensor (Odometer) getriggerten photographischen Aufnahmen (Abb. 2). Die Online-Registrierung der

Trajektorie der Plattform erfolgt durch einzelne Absolutpositionierungen an ausgewählten Stützpunkten mittels DGPS und dem stetigen Loggen von Wegstrecke und Fahrtrichtung. Die endgültige Bestimmung der Trajektorie wird durch eine semiautomatische, relative Orientierung aller Aufnahmen und einer anschließenden Einpassung in ein gegebenes Passpunktfeld erreicht.

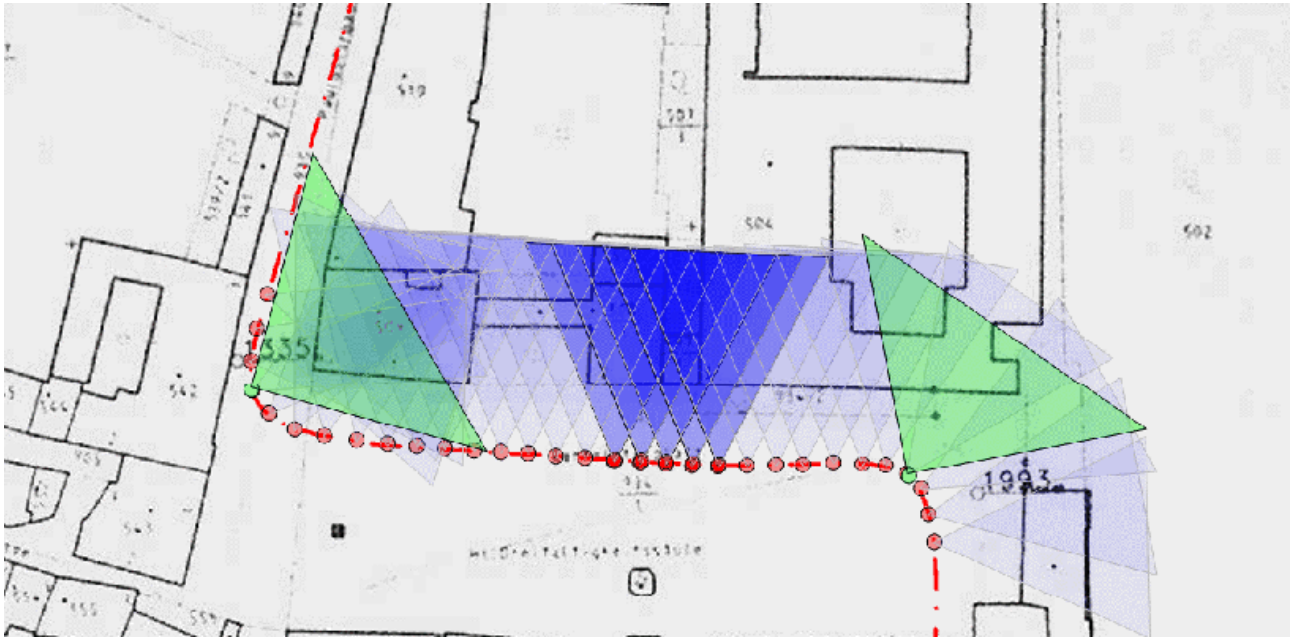


Abbildung 2: Reihe von Aufnahmepositionen, einzelne Standpunkte mit DGPS Positionsbestimmung und Laserscanning. Blau = Bildsensor, grün = Laserscanner, rot = Trajektorie.

Das Ergebnis der Datenaufnahme und der nachgelagerten Verarbeitung ist ein dreidimensionales, georeferenziertes Vektormodell der aufgenommenen Objekte, eine Serie georeferenzierter Bilder, auf die Hauptrichtungen der Fassaden bezogene True-Orthobilder und daraus abgeleitete Texturinformation für ein photorealistisches Stadtmodell (Abb. 3, 4 und 5).



Abbildung 3: Ausschnitt aus einer vom Cityscanner aufgenommenen Bildserie



Abbildung 4: Ausschnitt aus dem 3D-Vektormodell, im Vordergrund die berechneten Aufnahmepositionen entlang der Trajektorie



Abbildung 5: Ausschnitt aus dem True-Orthobild. Die Lücken im Bild sind eine Folge der Sichthindernisse bei der Aufnahme und können durch generische Textur gefüllt werden.

### 3.2 Stop-and-Go-Mode

Ziel der Aufnahme im Stop and Go Mode ist die rasche und vollständige geometrische und radiometrische Erfassung von „Naturbestand“ im urbanen Umfeld. Aus den im 3D - Imaging Prozess erfolgten Aufnahmen können alle relevanten Messergebnisse der klassischen Naturbestandsaufnahme in einem semiautomatischen Arbeitsschritt im Büro ermittelt werden. Damit reduziert sich die Aufnahme im Gelände auf eine einfache Routinetätigkeit ohne der Notwendigkeit einer umfassenden vermessungstechnischen Fachexpertise.

Der CityScanner führt im Stop and Go Mode an einer statischen Aufstellung eine Serie von Bild- und Laseraufnahmen durch und erfasst damit nach festgelegten Schemata automatisch die Geometrie und Radiometrie der umgebenden Hemisphäre bzw. eines ausgewählten Teilssegments. Während der Fahrt des CityScanners zur nächsten Aufstellung erfolgen Bild- und Laseraufnahmen nach dem gleichen Verfahren wie im Continuous Mode. Die Distanz der einzelnen Aufstellungen wird so gewählt, dass eine 50 %ige Überlappung der Laserpunktwolken gegeben ist. Damit ist im verbauten Gelände die Relativorientierung mittels Geometriematching gewährleistet, und auch bei eingeschränktem GPS Empfang lassen sich größere Bereiche mit hinreichender Genauigkeit zu erfassen.

Als Ergebnis des Stop and Go Betriebes liegen vollständige georeferenzierte 3D - Images des Aufnahmegebietes vor (Abb. 6), d.h. zu jedem Bildpunkt existiert eine verlässliche Ortsinformation. Aus diesem Datenbestand ist jegliche Punkt-, Linien-, Flächen-, Struktur und Reflexionsinformation über den Naturbestand und aller Gebäude ableitbar.

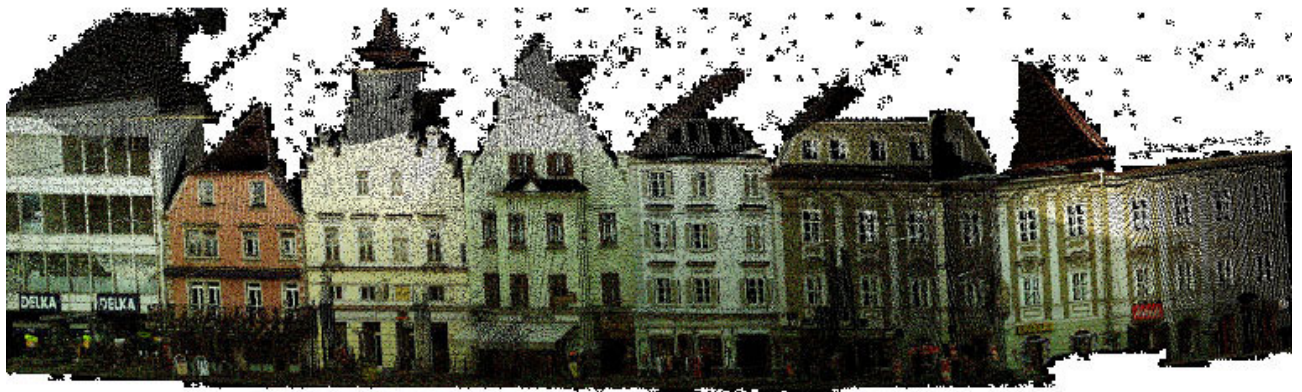


Abbildung 6: Ausschnitt aus dem 3D-Image, dargestellt als „Wolke“ der gescannten Punkte mit Phototextur

## 4 TECHNISCHE DATEN

### Laserscanner:

- Riegl LMS-Z360

### GPS:

Novatel DL-4 L1/L2 (OEM-4 Serie)

### optische Sensorik:

- zwei CDD-Kameras in variabler Anordnung
- Öffnungswinkel: 90° x 60°, oder 110° x 50° (erfassbare Fassadenhöhe: 17 m bei 5m Horizontaldistanz zur Fassade)
- Auflösung in 10 m Entfernung: < 1 cm)

### Hub- Drehvorrichtung:

- 360° elektronisch gesteuert drehbar
- Winkelauflösung 0.01°
- Elektrisch ausfahrbahr auf eine lichte Höhe von 3.8m

### Steuerung und Datenaufzeichnung:

- Graphische Steueroberfläche für die gesamte Sensorik
- Visuelle Kontrolle der Datenaufnahme
- Zeitsynchrone Datenaufzeichnung auf Festplatten
- Datenvolumen bis zu 50GB pro Aufnahmetag

### Angestrebte Systemgenauigkeit:

#### *Continous mode:*

- Absolute Genauigkeit: +/- 10 cm
- Relative Genauigkeit: < 5 cm (Genauigkeit am dreidimensionalen Objektmodell)
- Stundenleistung > 600 m Straßenraum im Einmann-Verfahren

#### *Stop and Go mode:*

- Absolute Genauigkeit: +/- 5cm
- Relative Genauigkeit: +/- 2 cm
- Stundenleistung > 300 m Straßenraum im Einmann-Verfahren

## 5 REFERENZEN

Holzer J. & Karner K. & Lorber G. & Artes S. (2002): Digitale Stadtmodelle als Plattform für intuitive Stadtplanung und Bürgerinformation. In Computerunterstützte Raumplanung, Beiträge zum 7.Symposion zur Rolle der Informationstechnologie in der Raumplanung (COPRP2002), Wien 2002.

Karner K. & Klaus A. & Bauer J. & Zach C. (2003): MetropoGIS: A City Modeling System. In Computerunterstützte Raumplanung, Beiträge zum 8.Symposion zur Rolle der Informationstechnologie in der Raumplanung (COPRP2003), Wien 2003.