

Aufbau historischer 3D-Szenarien am Beispiel der mittelalterlichen Stadt Duisburg

THOMAS JEDRZEJAS & HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA, Bochum

Keywords: 3D-Stadtmodelle, Visualisierung, Google Earth, terrestrisches Laserscanning, historische Karten, Archäologie

Summary: *Generating Historical Urban 3D-Scenarios for Use in Google Earth Representing the Medieval City of Duisburg.* The presentation of 3D city models within earth browsers, such as Google Earth, is becoming more and more popular due to the realistic view of the scenes. In addition to the presentation of actual sceneries, historical situations can be visualized as well. This paper describes the generation of historical urban 3D-scenarios for use in Google Earth, representing the medieval city of Duisburg in the years 1000, 1200 and 1566. Wooden models on a scale of 1 : 500 exhibited in the *Kultur- und Stadthistorisches Museum Duisburg* had been captured by terrestrial laser scanning with the Z+F IMAGER 5006 system. The point clouds together with ortho-images of the wooden models are used to estimate automatically the geometry of standardised buildings on a large scale. The historical Corputius map as well as archaeological knowledge is used to texture the virtual reconstruction of the models.

Zusammenfassung: Anbieter aktueller Earth-Browser werten ihre Modelldaten vermehrt durch 3D-Darstellungen auf. Der Nutzer erhält somit eine deutlich realistischere Ansicht der dargestellten Szenarien. Systeme, wie Google Earth, eignen sich jedoch nicht nur für die Präsentation gegenwärtiger Zustände, vielmehr erlauben sie auch die virtuelle Darstellung historischer Situationen. Der Bericht beschreibt die Erstellung virtueller Modelle der mittelalterlichen Stadt Duisburg für die Jahre 1000, 1200 und 1566. Zu diesem Zweck wurden die im Stadt- und Kulturhistorischen Museum Duisburg ausgestellten drei Holzmodelle durch terrestrisches Laserscanning mit dem System Z+F IMAGER 5006 erfasst. Die Punktwolken bilden die Grundlage für die automatisierte Ableitung der Dachformen, Gebäudehöhen sowie -grundrisse und ermöglichen gemeinsam mit Informationen aus parallel erstellten Orthophotos die Konstruktion der Gebäudeobjekte. Zur archäologisch und graphisch-inhaltlich plausiblen Ausgestaltung der Modelle wird der sogenannte Corputius-Plan genutzt, der einen anschaulichen Eindruck der architektonischen Gestaltung der frühneuzeitlichen Stadt wiedergibt.

1 Einleitung

2010 wird das Ruhrgebiet Kulturhauptstadt Europas. Aus diesem Anlass haben drei Denkmalbehörden des Ruhrgebietes (Kommunalarchäologien Dortmund, Essen und Duisburg) in Zusammenarbeit mit der Hochschule Bochum ein digitales Visualisierungsprojekt initiiert, das Interessierte über die Webseite „RuhrZeiten.de“ abrufen können (www.RuhrZeiten.de). Präsentiert werden ausgewählte Themen zu archäologischen Ausgrabungsstätten entlang des Hellwegs, die die historische

Entwicklung des Ruhrgebietes von der Vorgeschichte über das Mittelalter bis hin zur Gegenwart beschreiben.

Als Darstellungsmedium wird der kostenlose Earth-Browser Google Earth (Google 2008a) genutzt. Mit diesem können raumbezogene 3D-Darstellungen von historischen Modellen präsentiert und deren geschichtlicher Hintergrund erläutert werden. Ein zu visualisierender Themenbereich ist dabei die Entwicklung der mittelalterlichen Stadt Duisburg der Epochen 1000, 1200 und 1566, von einer aufblühenden mittelalterlichen Kauf-



Abb. 1: Plan des Johannes Corputius aus dem Jahr 1566 (links), Detail (rechts).

mannsstadt bis hin zum Wandel zur Ackerbürgerstadt im ausgehenden Mittelalter (JEDRZEJAS 2008).

Im Jahre 1566 veröffentlichte Johannes Corputius seinen Stadtplan über die Darstellung Duisburgs aus der Vogelperspektive (siehe Abb. 1). Corputius' Arbeiten an diesem Plan erfolgten in den vorangehenden vier Jahren nach exakten Messungen im Duisburger Stadtgebiet. In dieser Zeit war er Schüler des Geographen und Universalgelehrten Gerhard Mercator. Der „Corputius-Plan“ besticht durch hohe Genauigkeit und besondere Detailtreue. Der Grundriss deckt sich fast mit dem neuzeitlichen Urkataster (MILZ & VON RODEN 1993).

2 Datenerfassung

Holzmodelle aus den Jahren 1000, 1200 und 1566 im Maßstab 1 : 500 (siehe Abb. 2), die die städtische Entwicklung im Mittelalter dokumentieren, sind im Kultur- und Stadthistori-

sehen Museum Duisburg ausgestellt. Mit einer Ausdehnung von jeweils 2 m × 1,3 m bilden sie die Grundlage für die Erfassung mit terrestrischem Laserscanning und Photogrammetrie.

2.1 Terrestrisches Laserscanning

Terrestrische Laserscanner, wie zum Beispiel das System IMAGER 5006 der Fa. Zoller+Fröhlich, werden vermehrt für die 3D-Dokumentation von Realwelt-Objekten eingesetzt. Ihre Eignung für die Messung von großmaßstäbigen Modellen ist bisher nicht hinreichend erprobt. Insofern stellte die Erfassung der Duisburger Holz-Stadtmodelle eine interessante Herausforderung dar.

Das Lasermesssystem IMAGER 5006 ermöglicht die Durchführung von Scans in unterschiedlichen Auflösungsstufen. In der Auflösungsstufe „super high“ beträgt die horizontale und vertikale Schrittweite des Laserscanners 0,018° (Z+F 2008). Bei Aufnahmeentfer-



Abb. 2: Holzmodell Duisburg aus dem Jahr 1566 im Maßstab 1 : 500 (links), Detail (rechts).

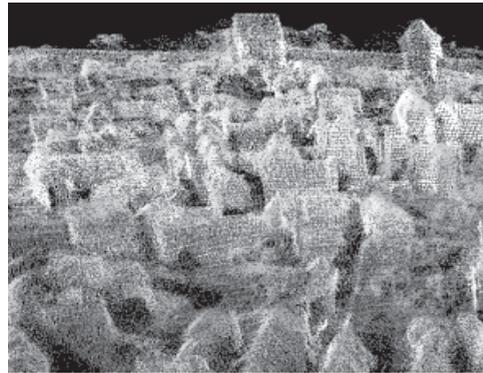
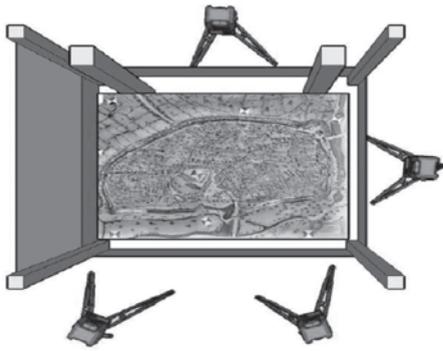


Abb. 3: Aufnahmekonfiguration im Grundriss (links) und Ausschnitt aus der Punktwolke (rechts).

nungen von 1–3 m liegen die Punktabstände zwischen 0,3 und 0,9 mm; die Punktdichte variiert zwischen 1100–120 Punkten/cm². Die im Rahmen einer räumlichen Blockausgleichung verknüpfte Gesamtpunktwolke (Restabweichungen an den Verknüpfungspunkten ≤ 1 mm) weist eine durchschnittliche Punktdichte von circa 900 Punkten/cm² auf. Abb. 3 zeigt die Aufnahmekonfiguration sowie einen Ausschnitt der verknüpften Punktwolke. Auf Grund des, im Vergleich zum Vorgängermodell (IMAGER 5003), deutlich verringerten Signal-Rausch Verhältnisses der Messdaten, liefert das Scanning eine homogene Punktwolke für die nachfolgende Datenweiterverarbeitung.



Abb. 4: Kameraaufhängung für die „Befliegung“ der Holzmodelle.

2.2 Photogrammetrische Aufnahme

Die Georeferenzierung der historischen 3D-Stadtmodelle in Google Earth wird über Orthophotos der jeweiligen Holzmodelle durchgeführt, die zu diesem Zweck auf aktuell vorhandene Objekte (zum Beispiel die Stadtmauer) manuell eingepaßt werden. Zur Beschaffung des Bildmaterials wurde eine digitale Kamera (Nikon D2Xs, Sensorgröße 4288 * 2848 Pixel) in einer speziell dafür gebauten Vorrichtung eingesetzt (siehe Abb. 4). Diese ermöglichte, die in einem Paternoster-Schrank installierten Modelle, in jeweils drei Streifen à fünf Aufnahmen vollständig zu erfassen. Die gesamte örtliche Datenaufnahme dauerte fünf Stunden.

Das digitale Höhenmodell des nahezu ebenen, aber nahezu gleichmäßig geneigten „Holzmodell-Geländes“ (Rasterweite 40 mm) sowie das zugehörige Orthophoto (Auflösung im Modell: 0,25 mm) wurden mit der Software SOCET SET 5.4.1 von BAE Systems (BAE 2008) erstellt. Neben der Nutzung für die Georeferenzierung diente es zusätzlich der Herleitung von Gebäudegrundrissen (siehe Abschnitt 3).

3 Ermittlung der geometrischen Grundlagendaten

Die historischen Stadtmodelle Duisburg bestehen im Wesentlichen aus einer großen Anzahl von Gebäudeobjekten. Eine vollständige manuelle Modellierung dieser Gebäude ist

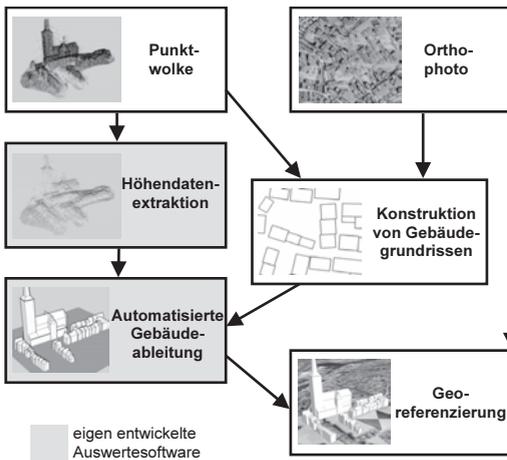


Abb. 5: Elemente des Auswerteprozesses.

aufgrund des hohen Zeit- und Arbeitsaufwands unzweckmäßig. Das 1566er Stadtmodell, mit der größten Anzahl an Objekten, beinhaltet ca. 800 Gebäude. Daher wurde eine Lösung mit einem möglichst hohen Automatisierungsgrad bei der Auswertung der terrestrischen Laserscannerdaten angestrebt. Die dargestellte, relativ einfache Vorgehensweise ist bewusst der vorliegenden Anwendung angepasst. Sie stellt somit keinen konkurrierenden Ansatz für etablierte Verfahren zur automatisierten Generierung von 3D-Stadtmodellen dar (HAALA et al. 1998, BÖHM & HAALA 2005, SCHWALBE et al. 2005).

Der auf terrestrischem Laserscanning und Photogrammetrie (Orthophoto) basierende Auswerteprozess ist in seinen wesentlichen Komponenten in Abb. 5 dargestellt. Neben Standard-Softwareprodukten (Leica Cyclone, Bentley Microstation) bilden zwei speziell für die Problemstellung entwickelte Programme zur Höhendatenextraktion und automatisierten Objekt ableitung die zentralen Elemente des Bearbeitungsprozesses.

3.1 Extraktion der Höhendaten

In diesem Bearbeitungsschritt werden aus den Punktwolken nur die Höhenwerte von Punkten übernommen, die, bezogen auf ein vorgegebenes Raster, einen maximalen Z-Wert besitzen. Somit wird die Punktwolke in einem

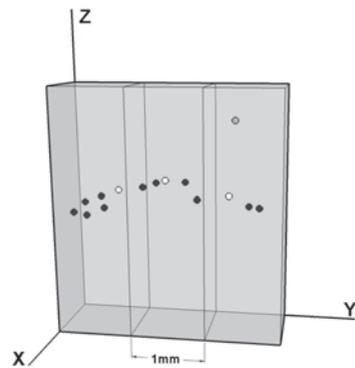


Abb. 6: Rasteranalyse: Z-Werte der extrahierten Punkte (weiss) und eliminierter Ausreißer (grau).

Maße gefiltert, dass nur die für die Ableitung von Objekthöhen brauchbaren Punkte vorhanden sind.

Es werden hierzu die Höhenwerte aller Punkte verglichen, die sich in einem definierten Raster (1 mm groß mit durchschnittlich 10 Punkten) befinden, mit dem Ziel, den höchsten Z-Wert zu übernehmen. Um Ausreißer aus der Eingangspunktwolke zu filtern, wird zusätzlich die zweitgrößte Höheninformation gespeichert und mit der höchsten verglichen. Überschreitet die Differenz der beiden gespeicherten Werte einen definierten Grenzwert (1 mm), wird der Wert der zweitgrößten Höhe übernommen (siehe Abb. 6). Als X- und Y-Koordinaten werden die Koordinaten des Rastermittelpunktes gespeichert. Die gefilterte Punktwolken datei enthält nur noch circa 20% der Punkte der Eingabedatei.

Die gefilterte Punktwolken datei, in Verbindung mit den Daten der Gebäudegrundrisse (Grundrissvektoren aus geeigneten Horizontalschnitten durch die Punktwolke und aus dem Orthophoto abgeleitet, siehe Abb. 5 sowie Abschnitt 3.2), wird zur automatisierten Ableitung der Gebäudehöhen und der Erstellung der Objekte eingesetzt.

3.2 Automatisierte Objekt ableitung

Auf Basis der Grundrisskoordinaten der Gebäudeecken und der gefilterten Punktwolke

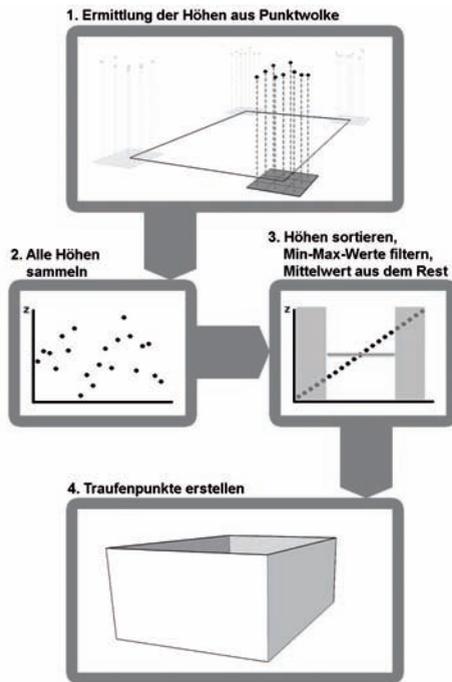


Abb. 7: Ermittlung der Traufenhöhen.

(siehe Abschnitt 3.1) wird die Traufenhöhe der Gebäude ermittelt. Dazu werden an jeder Gebäudeecke Höhenwerte, die sich in einem definierten Raster (1 mm^2) um die Grundriss-Koordinaten dieser Ecke befinden, aus der extrahierten Punktwolke ausgewählt und gespeichert. Aus den gesammelten Höhen aller Eckpunkte des Gebäudes werden im Anschluss die niedrigsten und höchsten Werte entfernt und aus den verbleibenden der Mittelwert berechnet (siehe Abb. 7). Dieser dient als Traufhöhe des Gebäudes. Die X- und Y-Koordinaten des Traufpunktes werden aus den Eckpunktkoordinaten übernommen. Durch dieses Verfahren wird vermieden, dass Punkte, die entweder gar nicht oder nur schlecht die Traufhöhe eines Gebäudes beschreiben, zu deren Berechnung genutzt werden.

Die überwiegende Anzahl der Gebäude in den Holzmodellen besitzt eine rechteckige Form, verbunden mit einem Satteldach. Die Ermittlung der Dachfirsthöhe geschieht nach einem ähnlichen Prinzip wie bei der Ableitung der Traufenhöhe. Dabei wird vorausgesetzt, dass sich bei Satteldächern die geneig-

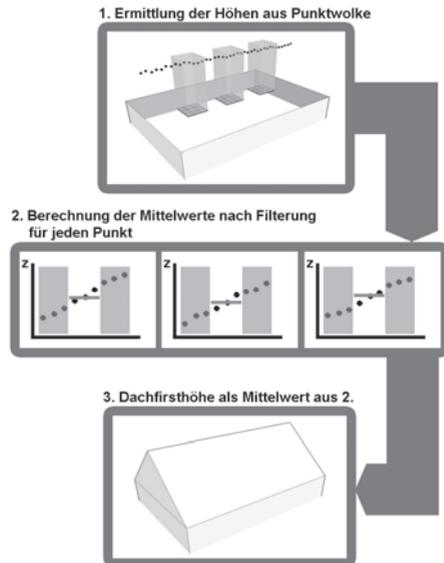


Abb. 8: Ermittlung der Dachfirsthöhen.

ten Dachflächen parallel zu den beiden längeren Seiten eines Gebäuderechteckes befinden und die Dachfirstlinie in der Mitte des rechtwinkligen Gebäudes verläuft.

Der Algorithmus sucht nun – ausgehend von den Grundrisskoordinaten der Dachfirstlinie – nach zugehörigen Höhen in der Punktwolke. Wie bei der Ableitung der Traufenhöhe wird zu jedem Grundriss-Punkt eine Anzahl von Höhen in einem definierten Raster (1 mm^2) ausgewählt und gespeichert. Minimal- und Maximalwert der Z-Koordinaten eines Punktes werden in einem ersten Rechenschritt eliminiert. Aus den restlichen Höhen wird nachfolgend für jeden Grundriss-Punkt der Mittelwert berechnet, um anschließend aus diesen Werten die mittlere Dachfirsthöhe abzuleiten (siehe Abb. 8). Mit diesem Verfahren kann eine hinreichende Genauigkeit zur Ableitung der Dachfirsthöhe erreicht werden, ohne dass diese, zum Beispiel durch vorhandene Dachaufbauten, verfälscht wird.

Das vorgestellte Verfahren zur Generierung von Gebäuden aus terrestrischen Laserscannerdaten ermöglicht eine einfachere und

schnellere Auswertung, als dies mit manueller Auswertung möglich wäre. Eine manuelle Modellierung, zum Beispiel mit der Standard-Software für terrestrische Laserscannerdaten, ist aufgrund der geringen Objektgrößen und der zum Teil dicht nebeneinander befindlichen Objekte nur eingeschränkt möglich.

Der zeitliche Aufwand, um einen Teilbereich von circa 50 Objekten komplett zu erstellen, betrug circa 1,5 Stunden. Den größten Anteil beanspruchte dabei die Ableitung der Grundrisskoordinaten aus Horizontalprofilen durch die Punktwolke und aus dem zugehörigen Orthophoto, die manuell im CAD-System Microstation erfolgte. Mit dem beschriebenen Verfahren wurden circa 75% der Gebäude mit Satteldach automatisiert erstellt und im Anschluss über einen DXF-Transfer zur Weiterverarbeitung an das System Google SketchUp übergeben.

3.3 Manuelle 3D-Modellierung

In den Holzmodellen enthaltene Objekte mit einer besonderen Struktur, wie zum Beispiel Kirchen mit ihren Türmen, Stadttore oder die Stadtmauer, wurden manuell erstellt. Neben den Informationen des Corputius-Plans und gegebenenfalls vorhandenen Bauplänen wurde hierzu die Punktwolke genutzt (siehe

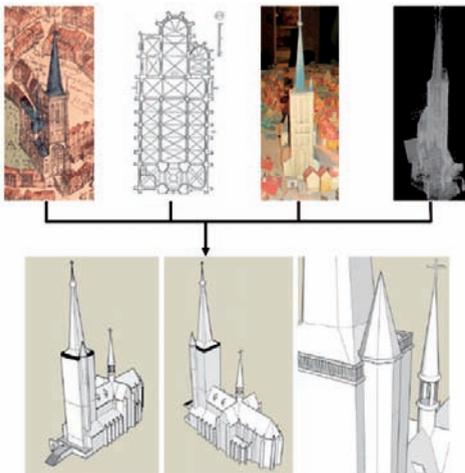


Abb. 9: Basisinformationen und mittels Google SketchUp modelliertes Objekt.

Abb. 9). Oberste Prämisse für die Modellierung war dabei, ein „in sich stimmiges“ Abbild existierender beziehungsweise auch nicht mehr vorhandener Gebäude zu erzeugen, jedoch nicht der Anspruch einer geometrisch exakten Baudokumentation.

Da die Publikation der mittelalterlichen 3D-Modelle auf der Google Earth-Plattform erfolgt, bietet sich eine grafische Abbildung der Modelle über das Format KML (Keyhole Markup Language) an, das den Datenstandard des Browsers repräsentiert. KML entspricht dem XML-Schema und ist ein Standard des Open Geospatial Consortium. Aktuell liegt die Version KML 2.2 vor (OGC 2008).

Google stellt für 3D-Konstruktionen das (in der Grundversion) kostenlose Programm SketchUp zur Verfügung (Google 2008b). Die Bedienung und Funktionen von SketchUp sind schnell und einfach erlernbar. Es ist mit besonderen Funktionen ausgestattet, wie zum Beispiel der Extrusionsmöglichkeit von Flächen. Die Konstruktion von Modellen unterstützt SketchUp weiterhin, indem angegeben wird, welcher Konstruktionsschritt als nächster möglich ist (*inference engine*). Die Software informiert den Anwender darüber zum Beispiel mit Farbmarkierungen oder Tooltips und vereinfacht und beschleunigt somit den Konstruktionsvorgang (POMASKA 2007).

4 Georeferenzierung

Die Georeferenzierung von Stadtmodellen in Google Earth ist generell mit verschiedenen Problemen behaftet, deren augenfälligstes auf die Qualität des vorhandenen Geländemodells zurück zu führen ist. Die Daten des digitalen Geländemodells stammen aus der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) der NASA, mit der erstmals ein einheitliches, hochauflösendes DGM für weite Bereiche der Erdoberfläche erstellt wurde. Die Rasterweite beträgt circa 30 m bei einer absoluten Genauigkeit von ± 16 m (relative Genauigkeit ± 6 m).

Google Earth reduziert die Rasterweite auf ca. 60 Meter, um das Datenvolumen möglichst gering zu halten (KOPPEL 2007). Dies führt bei umfangreicheren 3D-Szenen dazu, dass die Objekte oftmals über der Geländeoberfläche schweben oder teilweise im Gelände versin-



Abb. 10: Lokales DGM mit Randanpassung.

ken. Dieser wenig akzeptable Zustand kann letztlich nur über die Bereitstellung eines qualitativ hochwertigeren, lokalen DGM korrigiert werden. Da das Google Earth-DGM nicht verändert werden kann, beziehungsweise ein Durchdringen der Oberfläche nicht möglich ist, muss das lokale DGM, bei geeigneter Randanpassung, über der vorhandenen Geländeoberfläche platziert werden (siehe Abb. 10). Der Nachteil bei der Verwendung eines eigenen Geländemodells ist jedoch, dass 3D-Objekte in Google Earth kein Kollisionsmodell besitzen, das heißt, es lässt sich durch die Modelle hindurch navigieren. Anwender können somit auch unter das eigene Geländemodell gelangen.

5 Ausgestaltung und Publikation

Die in Abb. 9 dargestellte Salvatorkirche ist das einzige der in den drei Holzmodellen vorhandenen Gebäude, das heute noch erhalten ist. Abweichungen von der Darstellung der Kirche im Corputius-Plan gegenüber dem

heutigen Zustand finden sich hauptsächlich im Aufbau des Turmes, der während der Jahrhunderte verschiedenen Zerstörungen ausgesetzt war und neue Baustufen durchlief. Der Corputius-Plan liefert somit die wesentlichen Grundlagen für die Ausgestaltung der historischen Stadtmodelle. Wegen des hohen Detaillierungsgrades ist eine archäologisch plausible Rekonstruktion von Gebäudefassaden ebenso möglich wie ihre Ausstattung mit Farb- und Mustertexturen. Auch Vegetationselemente (Baum- und Straucharten, Weinreben) können auf der Grundlage des Corputius-Plans in das Modell implementiert werden (siehe Abb. 1).

Darüber hinaus ist archäologisches Wissen unabdingbar für eine realitätsnahe Objektrekonstruktion, so dass Archivinformationen sowie Grabungsergebnisse im Bereich der Duisburger Altstadt ebenfalls in die Ausgestaltung einfließen. Detailmodelle von Schiffen im Hafen, Marktständen, Brunnen sowie vom städtischen Pranger ergänzen den Gebäudebestand. Über Placemarks, mit hierfür gesondert erstellten Icons zu definierten Objektarten, werden zudem textliche und bildhafte Zusatzinformationen zu ausgewählten Objekten eingebunden. Diese können über einen eigenen Darstellungs-Layer wahlweise in die 3D-Szene eingeblenndet werden.

Die Publikation der aktuell und zukünftig erstellten 3D-Modelle erfolgt über die Website www.RuhrZeiten.de. Durch den Aufruf einer Start-KML-Datei wird der nachfolgende Aufbau des jeweiligen Modells im Google Earth Browser initiiert. Dieser erfolgt sukzessive, entsprechend der vorab durchgeführten Strukturierung des Stadtmodells (siehe Abb. 11). Das zu streamende Datenvolumen, im gepackten KMZ-Format, beträgt für Duisburg 1566



Abb. 11: Übersicht (links) und Detail (rechts) der mittelalterlichen Stadt Duisburg im Jahr 1566.

circa 20 MByte. Voraussetzung für den Download eines derartigen Datenvolumens ist ein Breitband-Internetzugang.

6 Fazit

Mit dem Earthbrowser Google Earth steht ein leistungsfähiges Werkzeug zur Präsentation von virtuellen Stadtmodellen zur Verfügung. Die Plattform bietet jedoch nicht nur Darstellungsmöglichkeiten für aktuell existierende 3D-Szenen, sondern ermöglicht auch die Visualisierung historischer Ensembles.

Die geometrische Erfassung der vorliegenden Holzmodelle auf Basis von terrestrischem Laserscanning und Photogrammetrie hat sich grundsätzlich bewährt. Die Qualität der erfassten Punktwolke bietet in weiten Bereichen eine hinreichend gute Grundlage für Automatisierungsprozesse bei der Ableitung der Gebäudekörper. Allerdings ist der Anspruch an die geometrische Qualität der Rekonstruktion nicht mit realen Stadtmodellen vergleichbar, da auch generalisierte Geometrien, mit geeigneten Texturen versehen, dem Anspruch an eine gute Visualisierung genügen. Der vorliegende Grad der Automatisierung hat den Auswerteprozess – gegenüber einer manuellen Auswertung – deutlich beschleunigt und könnte durch die Definition zusätzlicher Gebäudeprimitive (insbesondere speziell ausgebildeter Dachformen) erweitert werden.

Zur besseren visuellen Interpretation der Punktwolke (insbesondere bei der Generierung der Gebäudegrundrisse) wäre im vorliegenden Fall das Vorhandensein von Farbinformation hilfreich gewesen, eine Option die der Scannerhersteller zwischenzeitlich in das System implementiert hat.

Mit dem System SketchUp stellt Google eine effiziente Software mit hohem Automatisierungspotential zur Verfügung. SketchUp bietet eine Vielzahl von Funktionen zur 3D-Objektkonstruktion und -ausgestaltung, wobei insbesondere das Wissen der angeschlossenen „SketchUp-community“ in vielen Fällen hilfreiche Beiträge und Empfehlungen gibt.

Die Bearbeitung historischer Modelle setzt eine intensive Zusammenarbeit mit Archäologen und Historikern voraus, um die zu erstel-

lenden 3D-Modelle nicht nur unter geometrischen, sondern auch unter inhaltlichen Gesichtspunkten möglichst exakt zu realisieren. Historische Karten und Pläne, Bildmaterial und textliche Informationen bilden dabei, neben modernen Methoden der Informationsverarbeitung, die wesentlichen Grundlagen.

Literatur

- BAE, 2008: *SOCET SET v5.4.1.* – www.socetgxp.com/content_products/socetset/index.htm (15.12.2008).
- BÖHM, J. & HAALA, N., 2005: Efficient Integration of Aerial and Terrestrial Laser Data for Virtual City Modeling Using Lasermaps. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (3/W19): 192–197.
- Google, 2008a: *Homepage Google Earth.* – earth.google.de (15.12.2008).
- Google, 2008b: *Homepage Google SketchUp.* – sketchup.google.com/intl/de/ (15.12.2008).
- HAALA, N., BRENNER, C. & ANDERS, K.-H., 1998: 3D Urban GIS from Laser Altimeter and 2D Map Data. – *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* **32** (3): 339–346.
- JEDRZEJAS, T., 2008: Aufbau historischer städtischer 3D-Szenarien für eine Nutzung unter Google Earth, basierend auf Daten von terrestrischem Laserscanning, Photogrammetrie und Archivinformationen. – Diplomarbeit Hochschule Bochum, Fachbereich Vermessung und Geoinformatik.
- KOPPEL, M., 2007: Vergleichende Untersuchung zum Aufbau, zur Funktionalität und zur Nutzung aktueller Earth-Browser sowie exemplarische Erstellung einer 3D-Szene mit dem Konstruktionsprogramm Google SketchUp. – Diplomarbeit Hochschule Bochum, Fachbereich Vermessung und Geoinformatik.
- MILZ, J. & VON RODEN, G., 1993: Duisburg im Jahre 1566. Der Stadtplan des Johannes Corputius. – *Duisburger Forschungen*, Band **40**, 78 Seiten. Walter Braun Verlag, Duisburg.
- OGC, 2008: *Keyhole Markup Language.* – www.opengeospatial.org/standards/kml/ (15.12.2008).
- POMASKA, G., 2007: *Web-Visualisierung mit Open Source.* – *Wichmann, Heidelberg.*
- SCHWALBE, E., MAAS, H.-G. & SEIDEL, F., 2005: 3D Building Model Generation From Airborne Laser Scanner Data using 2D GIS Data And Orthogonal Point Cloud Projections. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote*

Sensing and Spatial Information Sciences **36** (3/W19): 209–214.
Z+F, 2008: *Technische Daten Imager 5006*. – www.zf-laser.com/Z+F_imager5006_D.pdf
(15.12.2008).

Adresse der Autoren:

Dipl.-Ing. THOMAS JĘDRZEJAK & Prof. Dr.-Ing. HEINZ-JÜRGEN PRZYBILLA, Hochschule Bochum, Labor für Photogrammetrie, D-44801 Bochum, Tel.: +49-234-32-10517, Fax: +49-234-32-14735, e-mail: Thomas.Jedrzejak@hs-bochum.de, Heinz-Juergen.Przybilla@hs-bochum.de

Manuskript eingereicht: Dezember 2008

Angenommen: Februar 2009