
OpenBuildingModels und die Herausforderungen beim Crowdsourcing von 3D-Stadtmodellen

Matthias UDEN und Alexander ZIPF

Zusammenfassung

In den letzten Jahren hat sich „Volunteered Geographic Information“ (VGI) rasch entwickelt. Der Detailreichtum im OpenStreetMap Projekt wächst stetig. Besonders in urbanen Räumen werden zunehmend Gebäude und weitere Objekte wie Straßenmöbel aufgenommen. Aber noch liegt der Fokus auf 2D-Inhalten. Zukünftig soll VGI auch für die „Digital Earth“ in 3D genutzt werden. Dieser Artikel zeigt die aktuelle Situation sowie wichtige Aspekte für die Entwicklung von 3D-VGI auf. Darüber hinaus wird ein erster Prototyp von OpenBuildingModels vorgestellt, einer freien Datenbank für detaillierte 3D-Gebäudemodelle. Diese kann nutzergenerierte 3D-Stadtmodelle erheblich verbessern.

1 Einleitung

Die zunehmende Verfügbarkeit von Smartphones macht das Erstellen, Nutzen und Teilen von Geodaten für jedermann immer einfacher und beliebter. Dies führt zu einer ständig wachsenden Menge an verschiedenen Aktivitäten im Bereich der „Volunteered Geographic Information“ (VGI, GOODCHILD 2007). Die erfolgreiche Entwicklung beispielsweise von OpenStreetMap (OSM) zeigt das große Potential und die Qualität von VGI (vgl. u. a. NEIS ET AL. 2012). Auf dem Weg zur „Digital Earth“ (GORE 1998) könnten in Zukunft auch nutzergenerierte Daten eine wichtige Rolle in der Gewinnung von 3D-Geoinformationen spielen. Es ist daher zu diskutieren, inwieweit das bislang weitgehend auf 2D beschränkte Crowdsourcing-Konzept auch auf 3D-Geodaten erweitert werden kann.

Anfang 2012 gab es in OSM mit über 50 Mio. bereits mehr Gebäudegrundrisse als Straßen (48 Mio.). Dies zeigt, dass sich das Interesse zunehmend auch auf Gebäude und andere Objekte des urbanen Umfeldes richtet. Allerdings ist der Grundriss nur eine sehr grobe Darstellung und viele weitere Informationen für zahlreiche Anwendungen liegen in der detaillierten 3D-Struktur. Die Idee der nutzergenerierten Erzeugung von umfassenden 3D-Stadtmodellen erscheint vielversprechend. Allerdings steht Crowdsourcing von 3D-Geodaten noch ganz am Anfang und es gibt zahlreiche zu lösende Herausforderungen.

2 Stand der Forschung

Existierende Forschung im Kontext von 3D-Stadtmodellen konzentriert sich meist auf die Rekonstruktion mittels photogrammetrischer Methoden und/oder Airborne Laser Scanning (z. B. BRENNER 2005; SAMPATH & SHAN 2010). Der Crowdsourcing Ansatz hingegen ist

sehr innovativ und nur wenige Vorarbeiten sind vorhanden. Diese werden im Folgenden kurz aufgeführt. Eine ausführlichere Beschreibung findet sich in UDEN & ZIPF (2012).

Einige Ansätze wie z. B. OSM2World¹, Kendzi3D² oder OSM-3D³ erstellen 3D-Stadt- und Landschaftsmodelle aus OSM-Daten. Dafür werden hauptsächlich die Gebäudegrundrisse extrudiert. Des Weiteren werden vereinzelte 3D-bezogene Informationen genutzt, die in OSM bereits vorliegen, z. B. Gebäudehöhen. OSM-3D stellt die kreierte Modelle standardisiert als Web 3D Service⁴ zur Verfügung. Eine Client-Software wie z. B. der XNavigator⁵ setzt die einzelnen W3DS-Szenen zu einem vollständigen 3D-Globus zusammen. Details finden sich unter anderem in OVER ET AL. (2010) und GOETZ & ZIPF (2012).

Über OSM und Geodaten hinaus gibt es im Internet generell zahlreiche Austauschplattformen für 3D-Modelle, z. B. *Google 3D Warehouse*⁶, *OpenSceneryX.com*, oder *Archive3d.net*. Google bietet außerdem speziell für die Gebäudemodellierung den *Building Maker* an. Diese Plattformen zeigen die Existenz diverser 3D-Communities, die aus sehr unterschiedlichen Bereichen (z. B. Flugsimulatoren, 3D-Druck usw.) hervorgehen. Es scheint viele Nutzer mit fortgeschrittenen Kenntnissen in 3D-Modellierung zu geben, deren Interesse auch für räumliche Daten und 3D-VGI Projekte geweckt werden könnte.

Existierende Arbeiten beschränken sich somit hauptsächlich auf verschiedene Werkzeuge und Plattformen, bei denen noch Verbesserungspotential besteht. Viele Forschungsarbeiten sind in Zukunft notwendig, da die Erfassung, Bearbeitung und Darstellung nutzergenerierter 3D-Geodaten völlig neue Aspekte im Vergleich zur Rekonstruktion dieser beinhaltet.

3 Herausforderungen für 3D-VGI

Der Schritt in Richtung 3D-VGI ist nicht trivial und es gibt viele Herausforderungen, die angegangen werden müssen. Bezogen auf OSM gibt es derzeit mindestens drei wesentliche Aspekte, die eine schnellere Entwicklung der dritten Dimension noch verhindern:

- Keine Unterstützung von 3D-Geometrien im einfach gehaltenen OSM-Datenmodell
- Das Fehlen eines ausgereiften und weit verbreiteten 3D-Viewers für OSM
- Der Mangel an geeigneten Werkzeugen für die Nutzer, um verschiedene Arten von 3D-Geoinformationen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad beizutragen

Das geometrische Datenmodell von OSM beinhaltet lediglich Knoten, Wege und Relationen. Zusätzliche semantische Informationen werden mit beliebigen Attributen hinzugefügt. Umfangreiche 3D-Modellierungen sind sehr schwierig. Es muss untersucht werden, inwieweit das Datenmodell für 3D-VGI geeignet und an welcher Stelle die Nutzung z. B. externer Middleware erforderlich ist.

¹ <http://osm2world.org>

² <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Kendzi3d>

³ <http://www.osm-3d.org>

⁴ <http://www.w3ds.org>

⁵ <http://xnavigator.sourceforge.net>

⁶ <http://www.google.com/sketchup/3dwh>

Ein weit verbreiteter 3D-Viewer, der die 3D-Modellierungen der Nutzer darstellt, stellt eine der wichtigsten Motivationsquellen für das Beitragen von 3D-Informationen für die Nutzer dar, ähnlich der 2D-Karte in OSM. Keine der in Kapitel 2 erwähnten, bestehenden Software ist bislang ausgereift genug und es besteht noch viel Verbesserungspotential.

Der dritte Punkt bezieht sich generell auf nutzergenerierte 3D-Geoinformationen. 3D-Mapping in verschiedenen Detailstufen sollte so breit wie möglich angelegt sein, um möglichst viele Freiwillige mit unterschiedlichem Hintergrund, Motivation und Zielen anzusprechen. Von einfachen Gebäudecharakteristika wie der Geschosshöhe bis hin zu detaillierter 3D-Gebäudemodellierung gibt es viele Möglichkeiten. Für 3D-VGI auf verschiedenen Ebenen werden neue Methoden und Werkzeuge zur Erfassung, Verarbeitung und Präsentation nutzergenerierter 3D-Geodaten benötigt.

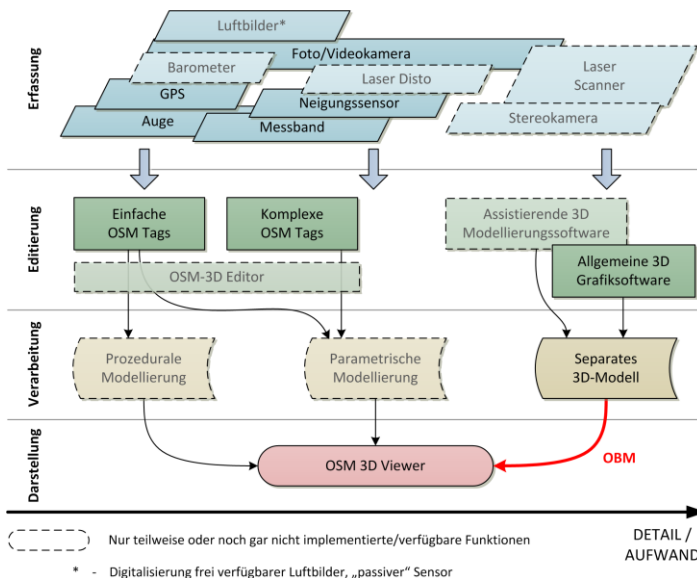


Abb. 1: Methoden für die Erfassung, Verarbeitung und Präsentation nutzergenerierter 3D-Geoinformationen in verschiedenen Detailstufen

Abb. 1 stellt die Situation für das Crowdsourcing von 3D-Gebäuden dar. Für die anfängliche Datenerfassung können verschiedenste Sensoren genutzt werden. Heutzutage sind viele davon bereits in Smartphones enthalten. In Zukunft werden weitere Sensoren wie Barometer oder Stereokamera, welche schon jetzt in manchen Modellen verfügbar sind, oder sogar Laser Distanzmesser/Scanner hinzukommen.

Im Anschluss an die Erfassung der 3D-Daten müssen diese editiert werden, um sie in ein System wie z.B. OSM einzupflegen. Für parametrische Beschreibungen anhand von OSM-Tags wird ein darauf zugeschnittener Editor benötigt. Dieser würde das direkte 3D-Mapping in OSM erleichtern, da die attributbasierte Modellierung komplexer 3D-Modelle sehr mühsam werden kann. Für hochdetaillierte LOD3 oder LOD4 Modelle wird dies jedoch nicht ausreichen. Daher sollte es auch möglich sein, diese separat zu erstellen und mit OSM zu verknüpfen. Die Erstellung kann zum Beispiel mittels entsprechender 3D-CAD-Software

erfolgen. Darüber hinaus gibt es aber für unerfahrene Nutzer auch immer mehr meist kostenfreie „assistierende“ Werkzeuge/Services. Diese erlauben beispielsweise eine photogrammetrische Rekonstruktion von 3D-Gebäuden aus einfachen Fotos (vgl. WANG 2011).

Um die modellierten Gebäude in den 3D-Viewer zu bringen, können die Daten auf verschiedene Art und Weise verarbeitet werden. Im Falle attributbasierter Beschreibungen sind zwei Ansätze denkbar: entweder eine prozedurale Erstellung des Gebäudemodells, die zwar nicht exakt die Realität widergespiegelt, dafür aber basierend auf wenigen, intuitiven Attributen eine realistische, effiziente Darstellung ermöglicht. Die zweite Möglichkeit ist eine exakte, parametrische Modellierung des Gebäudes, die jedoch viele Attribute erfordert und somit für den Nutzer schwieriger ist. Die separat erstellten, „fertigen“ 3D-Modelle müssen georeferenziert und eine Plattform zur Speicherung dieser bereitgestellt werden.

Dieser Beitrag behandelt die Verknüpfung detaillierter 3D-Gebäudemodelle mit den OSM-Daten. Hierzu wurde die Web-Plattform „OpenBuildingModels“ konzipiert und prototypisch umgesetzt. Viele Teile der Abb. 1 sind visionär und nur teilweise oder gar nicht realisiert. Es gibt demnach eine Fülle an zu lösenden Aufgaben, um 3D-VGI voranzutreiben.



Abb. 2: Die Integration separater Gebäudemodelle verbessert den Detailgrad von nutzergenerierten Stadtmodellen deutlich (Szene aus OSM-3D im XNavigator)

3 OpenBuildingModels

Im Folgenden wird ein erster Prototyp von OpenBuildingModels (OBM) vorgestellt, einer freien Plattform zum Austausch detaillierter, nutzergenerierter 3D-Gebäudemodelle. Diese sollen in Zukunft in OSM referenziert und z. B. in OSM-3D integriert werden können, um nutzergenerierte 3D-Stadtmodelle erheblich zu verbessern (vgl. Abb. 2).

OBM stellt eine interaktive Web-Schnittstelle bereit, um Modelle rauf- oder runterzuladen. Die 2D-Gebäudegrundrisse können über eine *OpenLayers* Karte ausgewählt werden. Dafür bedarf es zunächst einiger Vorverarbeitungsschritte. Die OSM-Daten werden regelmäßig in eine PostGIS-Datenbank importiert. Die Gebäudegrundrisse, die lediglich als entsprechend attribuierte Weg-Geometrien vorliegen, werden im Anschluss extrahiert und explizit als Polygone abgespeichert (vgl. GOETZ ET AL. 2012). Diese werden der OBM Webseite über einen *GeoServer* als Web Feature Service zur Verfügung gestellt, sodass die Grundrisse als eigener Vektorlayer auf der Karte eingeblendet werden können. Sobald der Nutzer ein

Gebäude auswählt, werden allgemeine Informationen über dieses, u. a. der Nutzer, der den Grundriss erstellt hat, das Datum und die assoziierten tags aus der OSM API abgefragt und angezeigt. Anschließend hat der Nutzer die Möglichkeit, für das ausgewählte Gebäude ein 3D-Modell hochzuladen. Falls die OBM-Datenbank bereits ein Modell dafür enthält, kann es auch zur Bearbeitung oder anderweitiger Verwendung heruntergeladen werden. Die Vorverarbeitung sowie die Architektur der Plattform sind in Abb. 3 dargestellt.

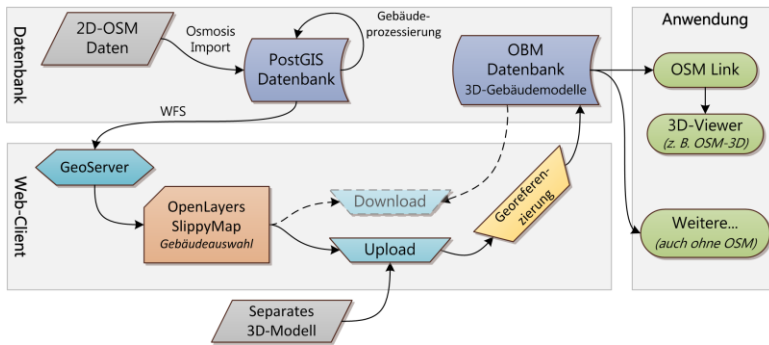


Abb. 3: Prozessierungs-Workflow und Architektur des OpenBuildingModels Prototypen

Nach dem Upload soll die OBM-Webseite in Zukunft eine interaktive Georeferenzierung des Modells durch Platzierung auf der Karte anbieten. Somit kann der Bezug zwischen lokalem Modellsystem und realer Position der Gebäude hergestellt werden. Darüber hinaus gibt es noch weitere Aspekte, die für OBM wichtig sind und in Zukunft beachtet werden müssen. Dazu zählt die Unterstützung verschiedener 3D-Formate, um möglichst flexibel und für Nutzer aus unterschiedlichen Bereichen interessant zu sein. Des Weiteren sollten ebenfalls Modelle für Gebäude hochgeladen werden können, dessen Grundriss in OSM noch gar nicht erstellt wurde. Dieser könnte aus dem Modell automatisch abgeleitet und der OSM-Datenbank hinzugefügt werden. Darüber hinaus ist die Unterstützung verschiedener LODs für ein Gebäude wünschenswert. Dadurch könnten im nutzergenerierten 3D-Stadtmodell verschiedene Generalisierungsstufen berücksichtigt werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurden die aktuelle Situation und bestehende Herausforderungen von „Volunteered Geographic Information“ in 3D diskutiert. Anschließend wurde mit OpenBuildingModels ein mögliches Konzept vorgestellt, wie dieses noch sehr junge Forschungsfeld in Zukunft vorangetrieben werden könnte.

Die Erzeugung von 3D-Stadtmodellen durch Freiwillige steht noch ganz am Anfang. Dennoch ist der Ansatz sehr vielversprechend und besitzt viel Potential. 3D-VGI muss in Zukunft durch die Bereitstellung diverser Möglichkeiten für eine möglichst einfache Erfassung, Modellierung und Visualisierung von 3D-Geoinformationen in verschiedenen Detailstufen vorangetrieben werden. Dadurch wird das Crowdsourcing von 3D-Geoinformationen für interessierte Leute mit unterschiedlichem Hintergrund und Motivation möglich.

Der vorgestellte OpenBuildingModels Prototyp hat das Ziel, eine Austauschplattform für separat erstellte, detaillierte 3D-Gebäudemodelle zu schaffen, welche in Projekten wie

OSM-3D eingebunden werden können. Dies ist vor allem für solche Bauwerke sinnvoll, die nicht durch attributbasierte Ansätze modelliert werden können. In Zukunft wird der Prototyp noch bezüglich vieler Aspekte weiterentwickelt werden. Einer der wichtigsten Punkte ist dabei die interaktive Georeferenzierung der erstellten Gebäudemodelle.

OpenBuildingModels ist nicht die einzige Möglichkeit einer freien Austauschplattform für 3D-Geodaten. Ähnliche Datenbanken für andere Objekte, z. B. Straßmöbel, Bäume, Texturen usw. können in Zukunft den Detailreichtum weiter erhöhen. Weitere Forschungsfragen bezüglich nutzergenerierter 3D-Stadtmodelle beschäftigen sich mit geeigneten Datenstrukturen, Methoden und Werkzeugen u.a. für Fassaden- und Dachmodellierung.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei allen, die zu diesem Artikel beigetragen haben und besonders bei allen Mitwirkenden des OSM-3D-Projektes. Diese Arbeit wurde teilweise durch die Klaus-Tschira Stiftung (KTS) Heidelberg finanziert.

Literatur

- BRENNER, C. (2005), Building reconstruction from images and laser scanning. In: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6 (3-4), 187-198.
- GOETZ, M., LAUER, J. & AUER, M. (2012), An Algorithm Based Methodology for the Creation of a Regularly Updated Global Online Map Derived From Volunteered Geographic Information. Paper presented at the Fourth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications and Services. GEOProcessing, Valencia, Spain, 31/01/2012.
- GOETZ, M. & ZIPF, A. (2012), OpenStreetMap in 3D - Detailed Insights on the Current Situation in Germany. Paper presented at the 15th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Avignon, France, 26/04/2012.
- GOODCHILD, M. (2007), Citizens as sensors: the world of volunteered geography. In: *GeoJournal*, 69, 211-221.
- GORE, A. (1998), The Digital Earth: Understanding our Planet in the 21st Century. In: *Australian surveyor*, 43 (2), 89-91.
- NEIS, P., ZIELSTRA, D. & ZIPF, A. (2012), The Street Network Evolution of Crowdsourced Maps: OpenStreetMap in Germany 2007-2011. In: *Future Internet*, 2012 (4), 1-21.
- OVER, M., SCHILLING, A., NEUBAUER, S. & ZIPF, A. (2010), Generating web-based 3D City Models from OpenStreetMap: The current situation in Germany. In: *Computers, Environments and Urban Systems*, 34 (6), 496-507.
- SAMPATH, A. & SHAN, J. (2010), Segmentation and Reconstruction of Polyhedral Building Roofs From Aerial Lidar Point Clouds. In: *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48 (3), 1554-1567.
- UDEN, M. & ZIPF, A. (2012), OpenBuildingModels - Towards a platform for crowdsourcing virtual 3D cities. Paper presented at the 7th International 3D GeoInfo Conference, Quebec City, Canada, 17/05/2012.
- WANG, Y.-F. (2011), A Comparison Study of Five 3D Modeling Systems Based on the SfM Principles. Technical Report 2011-01 (Visualsize Inc.), Goleta, USA.