



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

# FREIWILLIG ERFASST: STÄDTE IN 3D

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.

**A**ktuelle Entwicklungen im Web 2.0 und 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). Die beeindruckende Entwicklung beispielsweise von OpenStreetMap (OSM) zeigt das Potenzial nutzergenerierter Geodaten. Auf dem Weg zur „Digital Earth“ könnte in Zukunft die Erfassung von Geodaten durch Freiwillige auch 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.

Im Frühjahr 2012 gab es in OSM mit über 58 Millionen bereits mehr Gebäudegrundrisse als Straßen (51 Millionen). Dies zeigt, dass sich das Interesse zunehmend auch auf Gebäude und andere Objekte des urbanen Umfelds 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.

## STAND DER FORSCHUNG

Existierende Forschung im Kontext von 3D-Stadtmodellen konzentriert sich meist auf die Rekonstruktion mittels photogrammetrischer Methoden und/oder Airborne Laser Scanning. Der Crowdsourcing-Ansatz hingegen ist sehr innovativ und nur wenige Vorarbeiten sind vorhanden. Diese werden im Folgenden kurz aufgeführt.

Einige Ansätze wie OSM2World, Kendzi3D oder OSM-3D 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, wie etwa Gebäudehöhen. OSM-3D.org stellt die kreierte Modelle standardisiert als Web 3D Service (W3DS) zur Verfügung. Eine Client-Software wie der Xnavigators setzt die einzelnen W3DS-Szenen zu einem vollständigen 3D-Globus zusammen.

Über OSM und Geodaten hinaus gibt es im Internet generell zahlreiche Austauschplattformen für 3D-Modelle, etwa Google 3D Warehouse, 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 (Flugsimulatoren, 3D-Druck) 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 Verbesserungspotenzial 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.

## HERAUSFORDERUNGEN

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

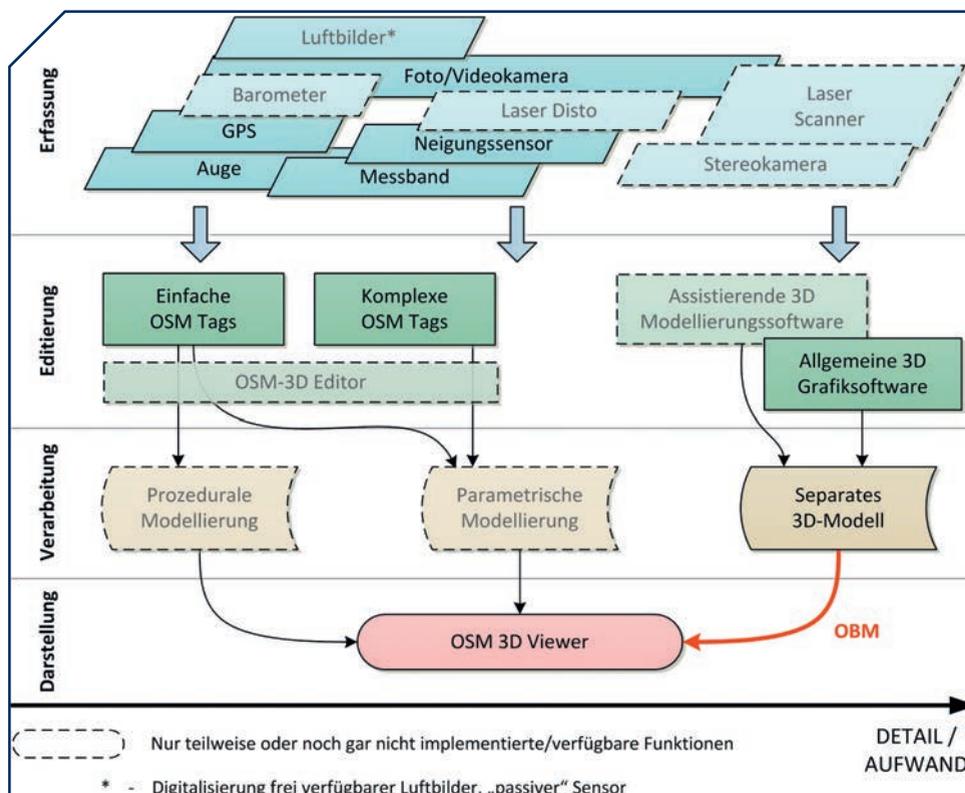
Das geometrische Datenmodell von OSM beinhaltet lediglich Knoten, Wege und Relationen. Zusätzliche semantische Informationen werden mit beliebigen Attributen hinzugefügt. Umfangreiche 3D-Modellierungen sind sehr schwierig. Es muss untersucht

werden, inwieweit das Datenmodell für 3D-VGI geeignet und an welcher Stelle die Nutzung externer Middleware erforderlich ist.

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

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.

Es gibt zahlreiche potenzielle Möglichkeiten für das Crowdsourcing von



Quellen: Geographisches Institut, Uni Heidelberg.

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

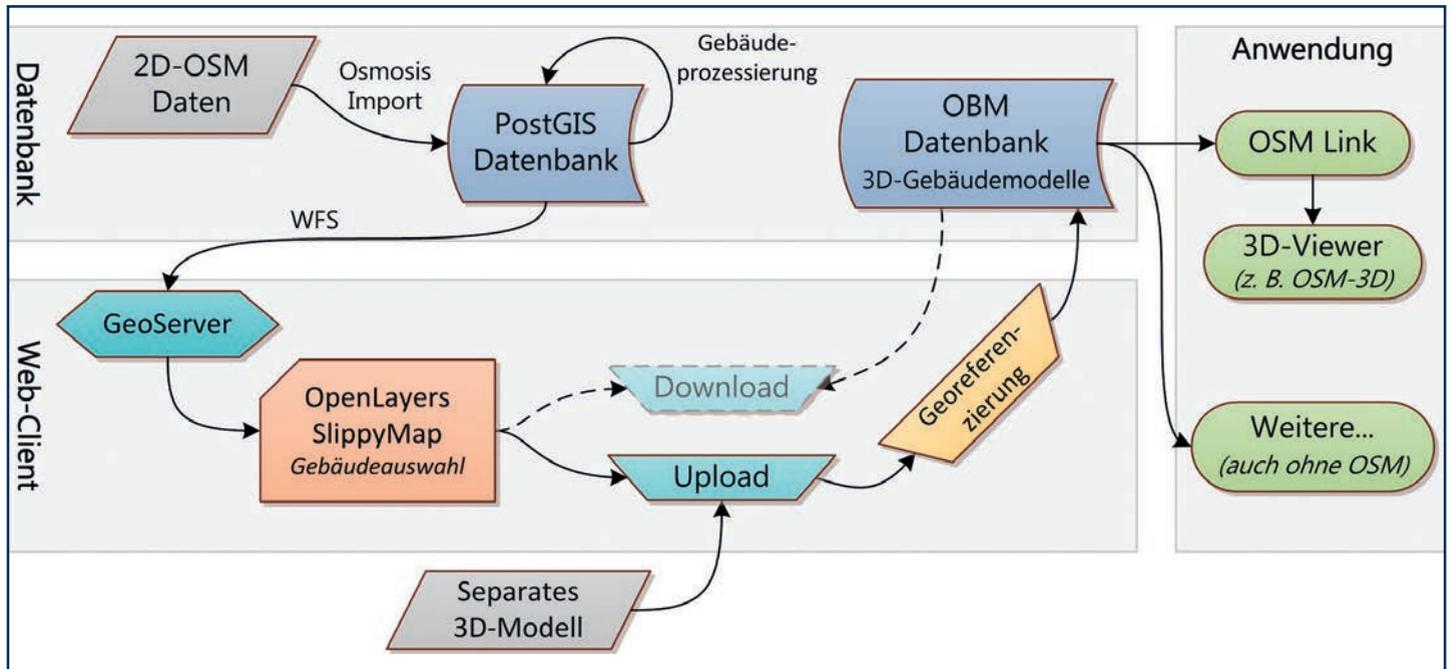


Abb. 3: Prozessierungs-Workflow und Architektur des OpenBuildingModels-Prototypen.

3D-Gebäuden. 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 Stereokameras, 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 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



Abb. 4: Interaktive Georeferenzierung des hochgeladenen 3D-Gebäudemodells. Als Hilfestellung steht neben dem aus dem 3D-Modell extrahierten Grundriss (rot) auch der in OSM vorhandene (grün) zur Verfügung.

attributbasierte Modellierung komplexer 3D-Modelle sehr mühsam werden kann. Für hochdetaillierte (Level of Detail) 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 wie Autodesk 123D Catch oder My3DScanner. Diese erlauben beispielsweise eine photogrammetrische Rekonstruktion von 3D-Gebäuden aus einfachen Fotos.

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 widerspiegelt, 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. Für die separat

erstellten, „fertigen“ 3D-Modelle muss schließlich eine Möglichkeit zur Georeferenzierung sowie eine Plattform zur Speicherung dieser bereitgestellt werden.

Hier wird die Verknüpfung detaillierter 3D-Gebäudemodelle mit den OSM-Daten behandelt. Hierzu wurde die Web-Plattform „OpenBuildingModels“ konzipiert und prototypisch umgesetzt. Darüber hinaus sind viele Teile der dargestellten Möglichkeiten visionär und nur teilweise oder gar nicht realisiert. Es gibt demnach eine Fülle an zu lösenden Aufgaben, um 3D-VGI voranzutreiben und OpenBuildingModels ist nur eine davon.

## 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 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 hoch- 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. 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 abgefragt und angezeigt, unter anderem der Nutzer, der den Grundriss erstellt hat, das Datum und die assoziierten „tags“ aus der OSM API. 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 zu anderweitiger Verwendung heruntergeladen werden. Die Vorverarbeitung sowie die Architektur der Plattform sind in Abb. 3 dargestellt.

Es ist anzunehmen, dass der überwiegende Teil der hochgeladenen Modelle zukünftig in einem eigenen, lokalen Koordinatensystem erstellt wurde. Nach dem Datei-Upload bietet die OBM-Webseite daher eine interaktive Georeferenzierung des Modells durch Platzierung auf der Karte an (vgl. Abb. 4). Somit kann der Bezug zwischen Modellsystem und realer Position der Gebäude hergestellt werden. Nach der korrekten Platzierung wird das Modell zusammen mit den Transformationsparametern abgespeichert.

Dieser Workflow ist momentan noch in der Testphase und für den OBM-Prototyp gibt es noch weite-

re wichtige Aspekte, die 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.

## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das OpenBuildingModel ist ein Konzept, das das noch sehr junge Forschungsfeld „Volunteered Geographic Information“ in 3D in Zukunft vorantreiben kann.

Die Erzeugung von 3D-Stadtmodellen durch Freiwillige steht noch ganz am Anfang. Dennoch ist der Ansatz sehr vielversprechend und besitzt viel Potenzial. 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 OpenBuilding-Models-Prototyp hat das Ziel, eine Austauschplattform für separat erstell-

te, 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 sind dabei die Verbesserung der interaktiven Georeferenzierung der 3D-Gebäudemodelle sowie die Interoperabilität zwischen verschiedenen 3D-Formaten.

Andere Objekte wie Straßenmöbel, Bäume oder Texturen können in Zukunft den Detailreichtum weiter erhöhen. Weitere Forschungsfragen bezüglich nutzergenerierter 3D-Stadtmodelle beschäftigen sich mit geeigneten Datenstrukturen, Methoden und Werkzeugen 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-Projekts. Diese Arbeit wurde teilweise durch die Klaus-Tschira Stiftung (KTS) Heidelberg finanziert. ◀

### AUTOREN UND KONTAKT:

**M.Sc. Matthias Uden**

Geographisches Institut, Universität Heidelberg  
Berliner Straße 48  
69120 Heidelberg

T: +49 6221 54 5509

E: [uden@uni-heidelberg.de](mailto:uden@uni-heidelberg.de)

**Prof. Dr. Alexander Zipf**

Geographisches Institut, Universität Heidelberg  
T: +49 6221 54 5533

E: [alexander.zipf@geog.uni-heidelberg.de](mailto:alexander.zipf@geog.uni-heidelberg.de)

I: <http://giscience.uni-hd.de>

### Weiterführende Links:

☞ <http://osm2world.org/Internet>

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

☞ [www.osm-3d.org](http://www.osm-3d.org)

☞ [www.w3ds.org](http://www.w3ds.org)

☞ <http://xnavigator.sourceforge.net>

☞ [www.google.com/sketchup/3dwh](http://www.google.com/sketchup/3dwh)

☞ [www.123dapp.com/catch](http://www.123dapp.com/catch)

☞ [www.my3dscanner.com/](http://www.my3dscanner.com/)