

Carolin Klonner und Jun.-Prof. Dr. Bernhard Höfle

OpenStreetMap (OSM) ist zurzeit das populärste Projekt im Bereich der nutzergenerierten Geoinformation aus dem Web bzw. der „Volunteered Geographic Information“ und zeichnet sich dadurch aus, dass eine große Gruppe Freiwilliger Geodaten sammelt und für die öffentliche Nutzung im Web bereitstellt (GOODCHILD 2007, NEIS & ZIELSTRA 2014). Dabei können die Geodaten nicht nur durch die Nutzer hinzugefügt und verändert werden, sondern auch als GIS-Vektordaten frei zugänglich heruntergeladen werden. Besonders hervorzuheben ist die zusätzliche geometrische, aber auch thematische Information (z. B. Objektattribute wie Gebäudenutzung), die durch die Geoinformation aus dem Web zur Verfügung steht. Das Problem hierbei liegt jedoch darin, dass die Daten meist nur in 2D vorliegen und die Qualität räumlich sehr heterogen ist. Es ist daher sehr wichtig, die Datenqualität vor einer weiteren Verarbeitung zu überprüfen.

Im Gegensatz zu OSM ermöglicht Airborne Laser Scanning (ALS), bei dem ein mit einem Laserscanner ausgestattetes Flugzeug über eine bestimmte Region fliegt, die Aufnahme von 3D-Punktwolken mit bekannter und homogener Datenqualität. Anhand dieser Punktwolken lassen sich hochaufgelöste Digitale Höhenmodelle (Gelände- und Oberflächenmodelle) erstellen, die für zahlreiche Anwendungen in der Geographie genutzt werden können (HÖFLE & RUTZINGER 2011, VOSSELMANN & MAAS 2010). Die hohen Kosten jedoch spielen für eine Befliegung eine einschränkende Rolle, sodass regelmäßige Scans meist nicht umgesetzt werden können und die Daten folglich selten aktualisiert werden (z. B. nur alle 5 bis 10 Jahre).

Ziel ist es, die Vorteile beider Datensätze, sowohl aus OSM als auch ALS, zu kombinieren (vgl. Abb. 1). Diese neue Methodik zur Änderungsdetektion und Datenfusion soll zur Steigerung der Datenqualität im Sinne eines möglichst aktuellen 3D-Datensatzes führen. Dies wird durch die Kombination der sehr aktuellen 2D-Daten aus OSM und der hochaufgelösten, aber selten aktualisierten Höheninformation der ALS-Daten erreicht. So kann z. B. die 3D-Information aus ALS in die OSM-Daten implementiert werden, um ein 3D-OSM-Stadtmodell zu erhalten. Andererseits können die OSM-Daten für eine vorherige Objektdetektion (z. B. von Bäumen in urbanen Räumen) und für eine Aktualisierung der ALS-Daten eingesetzt werden (HÖFLE et al. 2012). Durch die Anwendung dieser Methode ist es möglich, hohe Kosten neuer ALS-Kampagnen zu vermeiden, da aktuelle, kostenfreie und qualitativ hochwertige OSM-Daten zur Aktualisierung eines normalisierten Digitalen Oberflächenmodells (nDOM) aus ALS-Daten genutzt werden. Nach einer Fusion von ALS- und OSM-Daten ist ein kosteneffizienter, aktueller Datensatz zu erwarten, der nicht nur zusätzliche

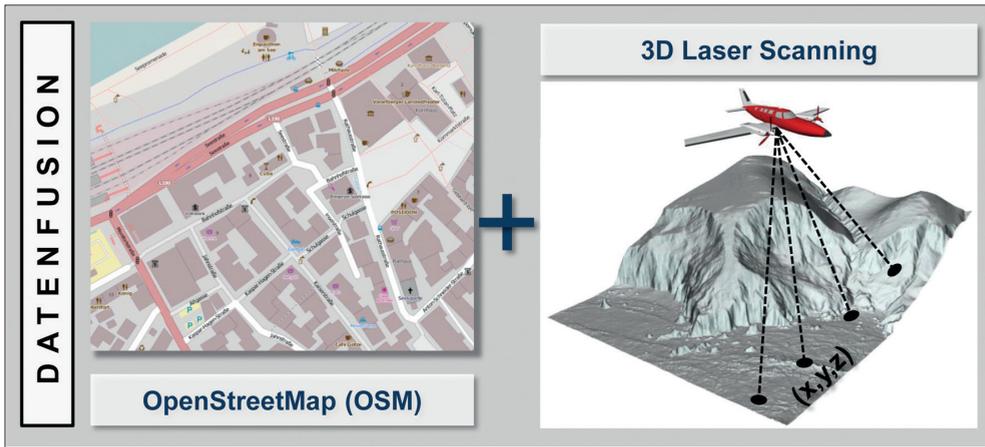


Abb. 1: Fokus der Datenfusion: Kombination von nutzergenerierten 2D-Geodaten aus dem Web (hier OSM) und 3D-Geländedaten aus Laserscanning-Aufnahmen für die Erstellung eines aktualisierten 3D-Höhenmodells in Stadtgebieten.

Attribute (z. B. Gebäudenutzung) beinhaltet, sondern zudem sowohl für 2D- als auch 3D-Anwendungen eingesetzt werden kann. Als repräsentatives Untersuchungsgebiet wurde die Stadt Bregenz am Bodensee ausgewählt.

Der intrinsische Ansatz von BARRON et al. (2014) ermöglicht die Erfassung relativer Qualitätsindikatoren der OSM-Daten, sodass die Qualität der benötigten Geoinformation aus dem Web bereits vor einer Fusion mit den ALS-Daten bestimmt werden kann und Aussagen über den Nutzen einer Fusion (räumlich aufgelöst) gemacht werden können.

Ein zusätzlicher Vergleich der Katasterdaten aus den Jahren 2003 und 2012 zeigt die Veränderung der Gebäudeanzahl, da nicht nur neue Gebäude hinzugekommen sind, sondern auch einzelne Gebäude abgerissen wurden. Durch die räumliche Analyse wird ersichtlich, in welchen Stadtteilen mit hoher Veränderungsrate im Gebäudebestand eine Fusion besonders von Bedeutung ist. Anhand dieser Änderungsdetektion wird zudem die Notwendigkeit einer erneuten ALS-Kampagne evaluiert. Die weitere Analyse auf Basis der OSM-Daten ermöglicht die Veranschaulichung der Gebiete mit heterogener Qualität, was einen wichtigen Ausgangspunkt für die Fusionsgebiete darstellt.

Die in der Studie verwendeten Vergleichsmethoden zwischen Kataster- und OSM-Daten zur Qualitätsbestimmung von OSM sind besonders gut geeignet, da sie sich ergänzen. Die Zentroidmethode bezieht sich auf den Zentroiden eines jeweiligen Gebäudepolygons und es wird überprüft, ob der Zentroid des einen Datensatzes im Polygon des anderen Datensatzes liegt, d. h. die OSM-Gebäudepolygone, die einen Katasterzentroiden beinhalten, wurden im OSM-Datensatz korrekt eingefügt. Bei der Überlappungsmethode geht es darum, die Gebäudeflächen aus beiden Datensätzen zu vergleichen. Daher wird die OSM-Gebäudefläche genutzt, um herauszufinden, ob und in welchem

Umfang diese Fläche im Katasterdatensatz repräsentiert ist. Hier lassen sich unterschiedliche Schwellenwerte einsetzen, um der heterogenen Repräsentation gerecht zu werden.

Die Analyseergebnisse zeigen, dass die Zentroidmethode in Wohngebieten sehr realistische Werte in Bezug auf Vollständigkeit erzielt. In Gebieten der Bregenzer Altstadt, in denen hauptsächlich eine verdichtete Bauweise vorzufinden ist, stößt diese Methode jedoch an ihre Grenzen und führt zu einer Unterschätzung der OSM-Qualität. Hier eignet sich die Überlappungsmethode zwischen Gebäudepolygonen aus OSM und Kataster, da sie besonders für zusammenhängende Gebäudeblöcke realistische Werte ergibt. Für Wohngebiete erzielt die Überlappungsmethode hingegen unterschätzte Werte, sodass der Nutzen der Zentroidmethode in diesen Bereichen hervorgehoben wird.

Insgesamt wird durch die Berechnungen deutlich, dass die OSM-Daten des Untersuchungsgebietes eine hohe Qualität (z. B. Vollständigkeit) aufweisen. Die Auswertungen zeigen aber ebenso, dass die Methoden zur Qualitätsbestimmung je nach Anforderung der Untersuchung gewählt werden müssen, da die jeweiligen Methoden in Bezug auf heterogene Regionen und Gebäudeumrisse begrenzt anwendbar sind. Außerdem ist die Weiterentwicklung von Methoden zur Qualitätsbestimmung von OSM-Datensätzen essentiell für eine effektive und qualitativ hochwertige Fusion.

Nach der Evaluation der Qualität der OSM-Daten werden bei der Fusion (vgl. Abb. 2) die OSM-Polygone als Umrisse genutzt, um die Höhenwerte von bereits existierenden ALS-Gebäuden zu extrahieren. Andererseits werden an denjenigen Stellen der OSM-Polygone, an denen bisher noch keine Gebäude im nDOM existieren, fixe Gebäudehöhen in das nDOM eingefügt, um auf diese Weise Neubauten zu ergänzen. Des Weiteren können Höhenwerte im nDOM auf 0 m gesetzt werden, wenn kein OSM-Polygon existiert, da dies auf einen Abriss schließen lässt. Diese Aktualisierung ist sehr wichtig, da je nach Nutzerverhalten meist eine große Zeitspanne zwischen dem aktuellen OSM-Datensatz und der Aufnahme der ALS-Daten liegt.

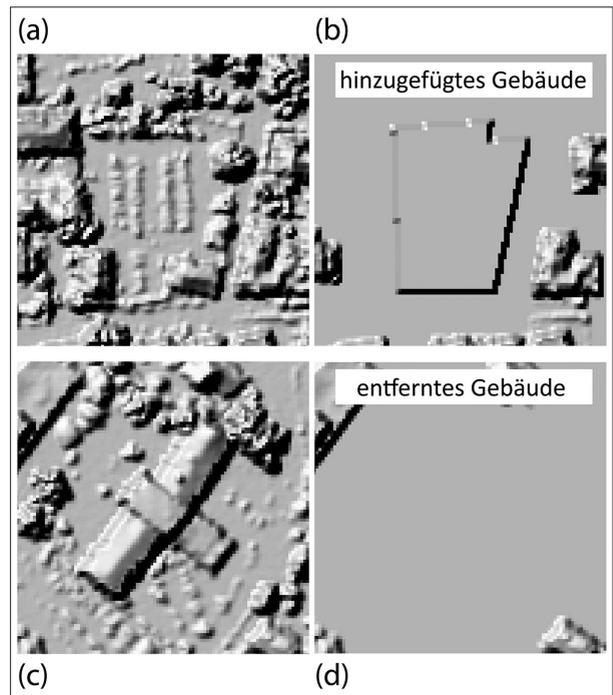


Abb. 2: nDOM vor (a, c) und nach (b, d) der Fusion. Die jeweils hinzugefügten (b) und entfernten (d) Gebäude können identifiziert werden. Die Fusion kann außerdem als Vegetationsfilter genutzt werden (verändert nach KLONNER et al. 2014).

In Zukunft können Bereiche wie Stadtplanung und Katastrophenschutz oder auch Anwendungen wie Hochwassersimulationen, Sichtbarkeitsanalysen und Berechnungen des Solarpotenzials direkt von einem aktualisierten und kombinierten Digitalen Höhenmodell profitieren, da sie auf die Aktualität der Daten angewiesen sind (DORN et al. 2014). Ein weiterer Vorteil neben der Datenaktualität ist die Verfügbarkeit zusätzlicher Informationen wie z. B. die Höhe eines Hauses für die ALS-Punktwolke oder die Nutzung eines Gebäudes. Ebenso lässt sich auf die Relevanz der Gebäude für die Nutzer schließen. In Gebieten mit hoher Veränderungsrate im Gebäudebestand und hoher Aktualität der OSM-Daten wird eine Aktualisierung bzw. eine erneute ALS-Kampagne als notwendig erachtet. Gerade dieses „Location Based Sensing“ anhand nutzergenerierter Geoinformation aus dem Web stellt ein mögliches Mittel zukünftiger Erderfassungsaktivitäten dar. Ein vielversprechender Ansatz für die Zukunft in Bezug auf integrierte Anwendungen der Digitalen Erde ist die Implementierung der beschriebenen Methoden der Qualitätsbestimmung und Fusion in einem Webservice. Veränderungen können auf diese Weise automatisch bestimmt und 3D-Stadtmodelle sowie 3D-ALS-Punktwolken in Echtzeit oder auf Anfrage aktualisiert werden.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die durchgeführten Analysen die Vorteile sowie die Herausforderungen der Methoden zur Qualitätsbestimmung in heterogenen Gebieten aufzeigen. Des Weiteren werden einige Möglichkeiten in Bezug auf die Kombination von OSM- und ALS-Daten erläutert. Die Ergebnisse bestärken das große Potential einer Datenfusion unterschiedlicher „Erdbeobachtungssensoren“ und spiegeln die Relevanz zukünftiger Forschung in diesem Bereich wider.

#### *Literatur:*

- BARRON, C., NEIS, P. & ZIPF, A. (2014): A Comprehensive Framework for Intrinsic OpenStreetMap Quality Analysis. Transactions in GIS. Accepted for publication. doi:10.1111/tgis.12073.
- DORN, H., VETTER, M. & HÖFLE, B. (2014): GIS-Based Roughness Derivation for Flood Simulations: A Comparison of Orthophotos, LiDAR and Crowdsourced Geodata. Remote Sensing 6(2): 1739-1759.
- GOODCHILD, M. F. (2007): Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography. Geo Journal 69: 211-221.
- HÖFLE, B., HOLLAUS, M. & HAGENAUER, J. (2012): Urban Vegetation Detection Using Radiometrically Calibrated Small-Footprint Full-waveform Airborne LiDAR Data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 67: 134-147.
- HÖFLE, B. & RUTZINGER, M. (2011): Topographic Airborne LiDAR in Geomorphology: A Technological Perspective. Zeitschrift für Geomorphologie 55 (2): 1-29.
- KLONNER, C., BARRON, C., NEIS, P. & HÖFLE, B. (2014): Updating Digital Elevation Models via Change Detection and Fusion of Human and Remote Sensor Data in Urban Environments. International Journal of Digital Earth. Accepted for publication. doi: 10.1080/17538947.2014.881427.
- NEIS, P. & ZIELSTRA, D. (2014): Recent Developments and Future Trends in Volunteered Geographic Information Research: The Case of OpenStreetMap. Future Internet 6 (1): 76-106.
- VOSSELMAN, G. & MAAS, H.-G., Hrsg. (2010): Airborne and Terrestrial Laser Scanning. Dunbeath: Whittles Publishing.