



## Flächennutzungsmonitoring IX Nachhaltigkeit der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung?

IÖR Schriften Band 73 · 2017

ISBN: 978-3-944101-73-6

### 3D-MAPP: 3D-MicroMapping von großen Geodatenätzen im Web

*Benjamin Herfort, Marcel Kaibel, Bernhard Höfle*

Herfort, B.; Kaibel, M.; Höfle, B. (2017): 3 D-MAPP: 3 D-MicroMapping von großen Geodatenätzen im Web. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Schwarz, S.; Richter, B. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring IX. Nachhaltigkeit der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung? Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 73, S. 143-148.

# 3D-MAPP: 3D-MicroMapping von großen Geodaten­sätzen im Web

*Benjamin Herfort, Marcel Kaibel, Bernhard Höfle*

## Zusammenfassung

Die automatische Detektion von Objekten in 3D-Geodaten ist ein wichtiger Bestandteil vieler GIS-Workflows, sei es bei der Kartierung geomorphologischer Formen (Bremer, Sass 2012; Rutzinger et al. 2012) Austrian Alps, using a combination of terrestrial (TLS, der Generierung von 3D-Stadtmodellen (Niemeyer et al. 2012) oder der Entwicklung autonom agierender Fahrzeuge (Maturana, Scherer 2015). Besonders in städtischen Räumen, welche durch komplexe Objektstrukturen sowie eine Vielzahl an verschiedenen Objekttypen charakterisiert sind, können automatische Methoden allein jedoch selten zufriedenstellende Ergebnisse liefern.

In diesem Beitrag möchten wir daher untersuchen, inwieweit nutzergenerierte Geodaten bzw. sogenanntes „MicroMapping“ Ansatzpunkte für die Lösung des beschriebenen Problems sein können. Im Rahmen des 3D-MAPP-Projektes wurden dazu 3D-MicroMapping-Aufgaben mit einer unterschiedlichen Komplexität entworfen und in einer Webanwendung implementiert. Die Anwendbarkeit der Methode wurde anschließend in einer empirischen Nutzerstudie untersucht. In der Studie wurden segmentierte LiDAR-Punktwolken genutzt, welche Bäume im städtischen Raum abbilden. Die Aufgabe für die Teilnehmer der Studie bestand darin, Informationen zur Höhe der Baumkrone, zu fehlenden Teilen der Bäume und zu weiteren in der Punktwolke abgebildeten Objekten zu erfassen.

## 1 Einführung

Ziel von 3D-MAPP ist die Entwicklung einer Methodik zur Gewinnung von riesigen Geodatenbeständen durch die Verknüpfung einer computerbasierten automatischen Auswertung und visueller Interpretation durch den Menschen, besser gesagt: einer Masse an Menschen („Crowd“). Diese neue Methodik wird als MicroMapping bzw. MicroTasking bezeichnet. Durch MicroMapping können die Vorteile des Menschen bei der visuellen Interpretation von Geoinformation mit den Vorteilen des Computers in der automatischen Verarbeitung von großen Datenmengen für die Generierung von Geoinformation im Web vereint werden. Der Fokus des Projektes liegt auf einer anwendungsorientierten Untersuchung des MicroMapping-Konzeptes für die Gewinnung von Geoinformation aus 3D-Geodaten.

In den eingangs genannten automatisierten Workflows sind gerade in den ersten Verarbeitungsschritten Daten, welche von Experten erstellt wurden, bisher nicht zu ersetzen. Dies stellt eine Herausforderung für (Er)Forschung und praktische Anwendung der Methoden gleichermaßen dar. Zum einen werden die automatischen Methoden immer „mächtiger“, zum anderen aber bleiben Vorbereitung und Evaluation der Daten Engpässe im gesamten Workflow. So mag für einige Datensätze zwar eine manuelle (Teil) Prozessierung möglich sein, für immer größer werdende Datenmengen ist dies jedoch nicht mit einem vertretbaren Aufwand zu leisten.

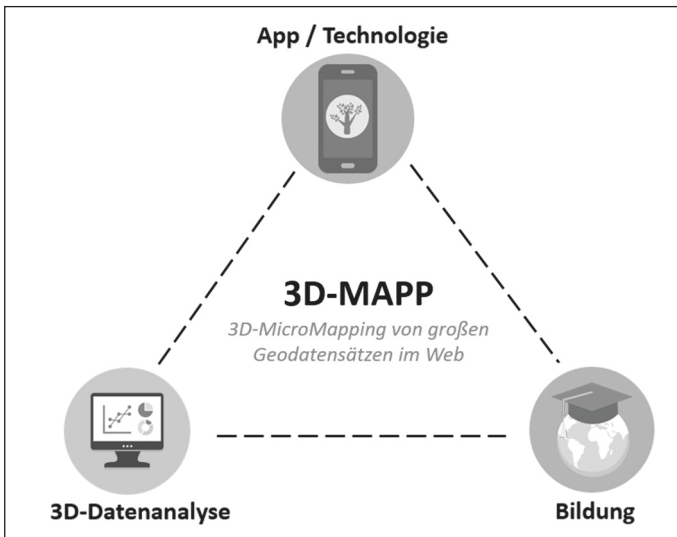


Abb. 1: Ansatz des 3D-MAPP-Projektes (Quelle: eigene Darstellung)

Ein weiterer Ansatz komplexe Informationen zu generieren, ist Crowdsourcing bzw. MicroMapping. Grundsätzlich stellen sich in diesem Zusammenhang verschiedene Herausforderungen (Barrington et al. 2011):

- (1) Wie kann die Gesamtaufgabe in kleinere Teile (sog. MicroTasks) gegliedert werden?
- (2) Wie kann eine entsprechend große Menge an Personen motiviert werden zum Projekt beizutragen?
- (3) Wie können die einzelnen Antworten zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst werden?

Im Rahmen des Projektes wurde die Anwendbarkeit des MicroMapping-Konzeptes für 3D-Geodaten systematisch untersucht (Abb. 1). Dazu wurde eine web-basierte Anwendung (Abschnitt 2) implementiert und mithilfe einer Nutzerstudie die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Ergebnisse evaluiert. Die Nutzerstudie (Abschnitt 3) wurde in Zusammenarbeit mit Schulen aus Heidelberg und Umgebung umgesetzt. Insgesamt nahmen mehr als 150 Personen teil und es wurden etwa 22 500 Nutzerbeiträge

gesammelt. Dieser Beitrag befasst sich im vierten Abschnitt mit der 3D-Datenanalyse und der Untersuchung der Qualität der Ergebnisse.

## 2 3D-MAPP WebApp

Die 3D-MAPP WebApp visualisiert eine 3D-Punktwolke interaktiv im Web-Browser und stellt eine kleine Aufgabe („Task“), die es zu lösen gilt, dar. Die entwickelte 3D-Visualisierung unterstützt gängige Navigationsmöglichkeiten wie Zoomen, Drehen und Verschieben des Ausschnittes.

Die 3D-MAPP WebApp basiert auf dem Open Source Framework PyBossa (<http://pybossa.com>) und wurde in JavaScript implementiert. Die Darstellung von 3D-Punktwolken im Webbrowser wurde mithilfe der WebGL-Technologie und der JavaScript-Bibliothek *three.js* implementiert. Während der Nutzer einen Task löst, wird bereits im Hintergrund die neue Aufgabe geladen. Diese Funktionalität der Implementierung ermöglicht daher eine schnellere und angenehmere Bearbeitung der Aufgaben, auch bei geringer Internet-Bandbreite.

Die entwickelte PyBossa-Instanz und die erstellten 3D-MicroMapping-Tasks können über die Projekt-Webseite von 3D-MAPP aufgerufen werden:

Online testen unter <http://www.uni-heidelberg.de/3dmapp>

Die von uns in erstellten Software-Bibliotheken ermöglichen es auf leichte Art und Weise, verschiedene 3D-Crowdsourcing-Anwendungen zu erstellen und den Bedürfnissen individuell anzupassen. Im Rahmen des Projektes haben wir verschiedene Vorlagen für unterschiedliche Aufgabentypen generiert. So können binäre Klassifikationen, multiple Klassifikationen und Annotationen direkt in der 3D-Punktwolke sehr einfach auch für weitere Anwendungen und Nutzer umgesetzt werden. Über PyBossa konnten so Anwendungen und Funktionen für 3D-Punktwolken erweitert werden. Alle im Rahmen des Projektes erstellten Codes sind öffentlich verfügbar unter:

<https://gitlab.gistools.geog.uni-heidelberg.de/giscience/3D-MAPP>

Die WebApp bildet die Basis für die Nutzerstudie, welche im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

## 3 Nutzerstudie

Die Nutzerstudie befasste sich mit der Klassifikation von Bäumen. 3D-MicroMapping kann die automatische Analyse und Klassifikation von Bäumen unterstützen, indem die Qualität der automatisierten Verarbeitung auch für eine große Anzahl an Objekten überprüft werden kann (vgl. <http://uni-heidelberg.de/lvisa>). Im Experiment 1 (Abb. 2)

waren die Nutzer aufgefordert, zwischen „sauberen“ und „fehlerhaften“ Punktwolken zu unterscheiden. Im zweiten Experiment galt es, Fehlertypen zu klassifizieren. Die Detektion der Höhe der Baumkronenbasis war Gegenstand des dritten Experiments. Dazu wurden die erstellten Vorlagen für die binäre Klassifikation (Experiment 1), die multiple Klassifikation (Experiment 2) und für die Annotation in der Punktwolke (Experiment 3) genutzt.

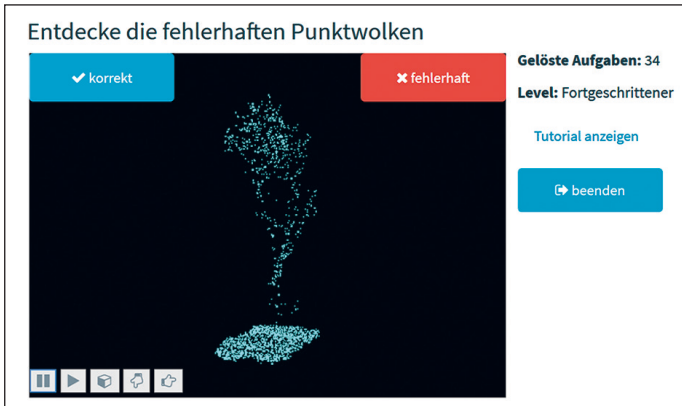


Abb. 2: 3D-MicroMapping von Vegetation – Experiment 1  
(Quelle: eigene Darstellung)

Die drei weiteren Micro-Mapping-Anwendungen sowie der „Geospatial Thinking Test“ wurden an fünf verschiedenen Schulen in Heidelberg und Neckargemünd durchgeführt. Insgesamt nahmen 113 Schüler/-innen teil. Die Anwendungen wurden in einen größeren Kontext eingebettet. Neben der Teilnahme der Schüler/-innen an einem Forschungsprojekt im Sinne von Citizen Science, stand auch die Vermittlung eines kritischen Umgangs mit Geoinformationen und -daten im Mittelpunkt. Hierzu wurde eigens ein didaktisches Konzept erarbeitet. Am Anfang stand jeweils eine Theorieeinführung in das Thema Geoinformationen und -daten. Anschließend erfolgte die Durchführung der Micro-Mapping-Anwendungen und des „Geospatial Thinking Test“. Zuletzt wurde mit den Schüler/-innen ein Open-Data-Spiel gespielt. Hierbei handelt es sich um ein interaktives Kartenspiel mit dem spielerisch nachempfunden werden kann, wie man mit Daten ein Geschäft machen kann. Das Open-Data-Spiel wurde von der Bundeszentrale für politische Bildung entwickelt. Um einen Fokus auf Geodaten zu legen, wurde das Spiel für unsere Verwendung modifiziert. Hierdurch wurde den Schüler/-innen abschließend noch einmal ein kreativer und vor allem kritischer Umgang mit Geodaten vermittelt. Einen Einblick in die Durchführung dieser Unterrichtseinheiten zeigt ein kurzes Dokumentar-Video (<https://youtu.be/WnvDgZ82K8g>).

## 4 Ergebnisse

Im Rahmen der Nutzerstudie konnten 9 906 Beiträge (Klassifikationen) für Experiment 1, 5 580 Beiträge für Experiment 2 und 7 110 Beiträge für Experiment 3 gesammelt werden. Jeder Task (Punktwolke) wurde von mehreren Personen bearbeitet. Für Experiment 1 und Experiment 2 konnten für jeden Task durchschnittlich 12 verschiedene Bearbeiter (Beiträge/Task), für Experiment 3 sogar 20 verschiedene Bearbeiter gewonnen werden. Jeder einzelne Nutzer löste durchschnittlich 50 bis 75 Aufgaben in den einzelnen Experimenten.

Tab. 1: Übersicht der Daten der 3D-MicroMapping-Experimente (Quelle: eigene Bearbeitung)

	Tasks	Beiträge	Nutzer	Beiträge/Task	Tasks/Nutzer
Experiment 1	834	9 906	152	11,878	65,171
Experiment 2	460	5 580	110	12,130	50,727
Experiment 3	363	7 110	96	19,588	74,063

Die Ergebnisse des ersten Experiments zeigen, dass die meisten Aufgaben von der Mehrheit der Nutzer korrekt gelöst werden können (Accuracy: ca. 91 %). Zudem wird aber auch deutlich, dass die komplexeren Aufgaben im Experiment 2 nicht von der Mehrheit und nur einigen erfahrenen Nutzern gelöst werden können. Unsere Ergebnisse zeigen auch, dass für einfache Klassifizierungstasks der Großteil (> 90 %) der Aufgaben von der Mehrheit der Nutzer in einer sehr kurzen Zeit (< 5 Sekunden) gelöst werden kann. Die Auswertung zeigt erste Unterschiede in der Komplexität der einzelnen Aufgabentypen an. Crowdsourcing mit multiplen Antwortmöglichkeiten nimmt mehr Zeit in Anspruch als eine binäre Klassifikation und Annotationen direkt in der Punktwolke.

Die Ergebnisse für Experiment 3 zeigen, dass unsere Crowdsourcing-Methode in der Lage ist, Daten zu generieren, die näher an den Referenzdaten liegen und zudem eine geringere Streuung aufweisen als die Ergebnisse eines automatischen computerbasierten Ansatzes. Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass die Übereinstimmung zwischen verschiedenen Nutzern ein guter intrinsischer Indikator ist, um die Qualität der Ergebnisse zu beurteilen, hingegen andere Faktoren, wie beispielsweise die Vorkenntnisse der Nutzer in Bezug auf GIS, Alter oder Charakteristika der Punktwolke nur eine untergeordnete Rolle spielen. Da die Übereinstimmung verschiedener Nutzer bereits während der Datenerfassung gemessen werden kann, bietet sich dieser Parameter dafür an, das Crowdsourcing dynamisch an die Komplexität der einzelnen Aufgaben anzupassen.

## 5 Fazit

Die Untersuchung des 3D-MicroMapping-Konzeptes hat gezeigt, dass Crowdsourcing von 3D-Punktwolken gute Ergebnisse erzielen kann. Aufgaben können mit einer hohen Qualität und in einer geringen Zeit gelöst werden. Allerdings zeigen sich auch

Unterschiede zwischen binärer Klassifikation, multipler Klassifikation und der direkten Annotation in der Punktwolke. Nicht für jedes Problem kann MicroMapping gute Ergebnisse liefern.

MicroMapping-Aufgaben mit einer starken visuellen Komponente führen möglicherweise zu besseren Ergebnissen, als Aufgaben, bei denen gewisse Vorkenntnisse zu den Objekten notwendig sind. Es scheint auch hilfreich zu sein, nicht allein das Objekt, sondern zusätzlich die nähere Umgebung des Objektes, den Kontext, in der Punktwolke darzustellen. Auch wenn die Qualität des Crowdsourcing mit zunehmender Komplexität der Aufgaben schwieriger einzuschätzen ist, scheint es doch ein vielversprechender Ansatz zu sein, da eben solche komplexen Aufgaben bisher auch kaum automatisch gelöst werden können.

In unserer Studie haben wir uns mit Bäumen in einer städtischen Umgebung befasst. Inwieweit 3D-MicroMapping auch die Detektion von weiteren Objekten in 3D-Geodaten unterstützen kann, gilt es daher in weiteren Studien zu untersuchen. Gerade in Bezug auf die Klassifikation von Gebäudetypen und Gebäudenutzung bieten sich weitere Untersuchungen an.

## 6 Literatur

- Barrington, L., Ghosh, S., Greene, M., Har-Noy, S., Berger, J., Gill, S., Yu-Min Lin, A.; Huyck, C. (2011): Crowdsourcing earthquake damage assessment using remote sensing imagery. In: *Annals of Geophysics* 54: 680-687.  
<http://doi.org/10.4401/ag-5324> (Zugriff: 06.06.2017).
- Bremer, M.; Sass, O. (2012): Combining airborne and terrestrial laser scanning for quantifying erosion and deposition by a debris flow event. In: *Geomorphology*, 138 (1): 49-60. <http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.08.024> (Zugriff: 06.06.2017).
- Maturana, D.; Scherer, S. (2015): VoxNet: A 3D Convolutional Neural Network for Real-Time Object Recognition. In: *Iros*: 922-928.  
<http://doi.org/10.1109/IROS.2015.7353481> (Zugriff: 06.06.2017).
- Niemeyer, J.; Rottensteiner, F.; Soergel, U. (2012): Conditional random fields for LiDAR point cloud classification in complex urban areas. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, I-3 (September), 263-268.  
<http://doi.org/10.5194/isprsannals-I-3-263-2012> (Zugriff: 06.06.2017).
- Rutzinger, M.; Höfle, B.; Kringer, K. (2012): Accuracy of automatically extracted geomorphological breaklines from airborne lidar curvature images. *Geografiska Annaler, Series A: Physical Geography* 94 (1): 33-42.  
<http://doi.org/10.1111/j.1468-0459.2012.00453.x> (Zugriff: 06.06.2017).