

Einsatz von OpenStreetMap Daten zur Erstellung von Landnutzungsprodukten am Beispiel von OSM Landuse Landcover

Janek Voß¹, Michael Auer¹, Michael Schultz¹ und Alexander Zipf¹

¹Institut für Geographie, Forschungsgruppe Geoinformatik Heidelberg · Janek-Lukas.Voss@stud.uni-heidelberg.de

Zusammenfassung: Ein OpenStreetMap (OSM) Landnutzung- und Landbedeckungsprodukt (LULC) wurde auf osmlanduse.org bereitgestellt. Das Produkt basiert auf den global verfügbaren OSM-Daten und die Landnutzungsklassen orientieren sich an der Coordination of Information on the Environment (CORINE) Legende. OSM LULC verwendet einen spezifischen Satz an OSM Tags um Landnutzungsklassen herzustellen. Das Produkt ist frei verfügbar und ein erster Prototyp für eine globale open source Landnutzungskartierung.

Schlüsselwörter: OpenStreetMap, Landnutzung, Landbedeckung, LULC, tag basiert

***Abstract:** An OpenStreetMap (OSM) landuse and landcover product (LULC) was published under osmlanduse.org. The product is based on the globally accessible OSM-data and the landuse classes orient themselves towards the legend of the Coordination of Information on the Environment (CORINE). Specific OSM tags are used to create classes in OSM LULC. The product is freely accessible and a first prototype for a global open source landuse mapping application.*

Keywords: OpenStreetMap, landuse, landcover, LULC, tag based

1 Einleitung

Mehr als die Hälfte der Erdoberfläche wurde von Menschen im Anthropozän verändert (Waters et al., 2016). Die menschliche Landnutzung führte zu Veränderungen, welche das Ökosystem Erde bis heute maßgeblich prägen. Landbedeckung und Landnutzung (LULC) sind essentiell für das Verständnis von klimatischen Prozessen, das Management natürlicher Ressourcen und räumlicher Planungsaktivitäten (Jones, 2008). Die Kartierung von Landbedeckung (LU) und Landnutzung (LC) bezieht sich auf die Klassifikation der Erdoberfläche. Dabei bezeichnet Landbedeckung die physikalisch-biologische Bedeckung einer räumlichen Einheit (z.B. mit Wasser oder Wald), während Landnutzung die damit verbundenen menschlichen Aktivitäten beschreibt (z.B. Bebauung oder Ackerbau).

LULC-Karten existieren sowohl auf nationaler, kontinentaler und planetarer Ebene. Beispiele hierfür sind das National Land Cover Dataset (NLCD), die Chinese Land Cover Map und das europäische Coordination of Information on the Environment (CORINE) Landnutzungsprodukt (CLC) (Cihlar and Jansen, 2001; Jiyuan et al., 2002). Darüber hinaus gibt es globale Produkte, wie zum Beispiel Global Land Cover (GLC2000) oder das neuere GlobCover und urbane Datensätze, wie den Urban Atlas (Arino et al., 2012; Fritz et al., 2003).

Für ihre Entwicklung und Genauigkeitsanalysen wurden bei den meisten dieser Produkte Fernerkundungsdaten mit vor Ort erhobenen Felddaten kombiniert (De Sherbinin, 2002). Eine so erstellte LULC-Karte kann teuer und zeitaufwendig sein; besonders dann, wenn vor Ort Felddaten erhoben werden (Cihlar & Jansen, 2001). Desweiteren leiden diese Produkte unter langen Updatezyklen und grober räumlicher Auflösung (Fonte et al., 2016; Fritz et al., 2012).

Um diese Schwächen auszugleichen, wurden Web 2.0 basierte Lösungen aus dem Bereich der Volunteered Geographic Information (VGI) vorgeschlagen (Fritz et al., 2012; Goodchild, 2007). OpenStreetMap (OSM) beispielsweise stellt, unterstützt von Millionen Freiwilligen, seit 2004 globale räumliche Informationen kostenfrei und open source zur Verfügung (Ramm, 2014). Jüngste Studien bestätigten mithilfe von Genauigkeitsanalysen außerdem die Eignung der OSM Daten für die Erstellung von LULC-Karten (Arsanjani, Mooney, Zipf, & Schauss, 2015; Arsanjani & Vaz, 2015; Dorn, Törnros, & Zipf, 2015; Estima & Painho, 2013; Jokar Arsanjani, Helbich, Bakillah, Hagenauer, & Zipf, 2013).

Dennoch enthalten OSM-Daten verschiedenste Mängel. Dazu zählen insbesondere fehlerhafte semantische Beschreibungen von Objekten (tagging), sich überlappende Geometrien und die zeitliche Inhomogenität der Daten (Arsanjani and Vaz, 2015; Fonte et al., 2016). Es wurde zudem festgestellt, dass die Vollständigkeit von OSM-Daten von der Aktivität der Nutzer abhängt (Foody et al., 2013). Außerdem lassen sich die stark variierenden Bezeichnungen (tags) aus OSM nicht oder nicht einfach in Nomenklaturen bereits bestehender LULC-Produkte integrieren (Arsanjani & Vaz, 2015; Estima & Painho, 2013).

Unser hier vorgestelltes open source Landnutzungsprodukt soll bestehende Produkte ergänzen und deren genannte Schwächen ausgleichen. Es vermittelt zudem einen Überblick über die Vollständigkeit von OSM-Daten in Bezug auf LULC. Dabei versucht unser Produkt die Stärken von OSM auszunutzen um zusätzliche Informationen über die Landnutzung und -bedeckung bereitstellen zu können. Es ist jedoch kein Ersatz für bestehende nationale und globale Produkte.

Folgende Fragen werden in Verlauf dieses Papers adressiert:

- Welche OSM tags können für die Erstellung von Landnutzungsklassen verwendet werden?
- Wie kann man ein open source LULC aus OSM-Daten erstellen?
- Wie präzise ist das vorgestellte open source LULC Produkt?

2 Ableitung der Landnutzungsklassen

2.1 OSM Daten

OpenStreetMap verwendet die Open Database Licence (ODbL), welche es jedem Nutzer erlaubt die verwendeten Daten zu kopieren, mit Anderen zu teilen und zu verändern, falls das resultierende Produkt ebenfalls unter der selben Lizenz veröffentlicht wird.

Die Daten selbst liegen als Punkt-, Linien- und Polygonobjekte (features) in OSM vor. Jedes dieser Objekte ist in OSM mit einem oder mehreren Attributen (tags) verknüpft. Diese bestehen aus einem Schlüssel-Wert Attributpaar (z.B. landuse=forest), wobei der Schlüs-

sel (key) das übergeordnete Thema und der Wert (value) den Schlüssel näher beschreibt. Mitwirkende Nutzer von OSM werden zwar Empfehlungen hinsichtlich der Attributvergabe gemacht - jedoch keine verbindlichen Vorgaben.

2.2 CORINE Land Cover (2012)

CORINE ist ein europaweites, regelmäßig publiziertes und flächendeckendes Landbedeckungsprodukt (Feranec, Soukup, Feranec, & Jaffrain, 2016). Die aktuellste Version wurde im Jahre 2012 (CLC 2012) publiziert und verwendet eine Mindestkartographieeinheit (Minimum Mapping Unit) von 25 Hektar. CLC 2012 nutzt 44 verschiedene Klassen, eingeteilt in 3 Abstraktionsstufen, um sowohl Landnutzungs- als auch Landbedeckungsklassen darzustellen.

2.3 Legendenharmonisierung

Um einen Vergleich mit unserem Produkt zu ermöglichen, wurden die Legenden von CLC 2012 und unserem Produkt harmonisiert. Der Prozess umfasste die semantische Zuordnung von OSM tags zu CORINE Klassen der zweiten Abstraktionsstufe (vgl. Tabelle 1). Bei diesem Verfahren wurde sowohl auf die OSM Wiki-Seite, als auch auf zuvor durchgeführte Studien zurückgegriffen (Arsanjani & Vaz, 2015; ‘Corine Land Cover - OpenStreetMap Wiki’, n.d.; Estima & Painho, 2013; Fonte et al., 2016). Allerdings konnten nicht alle OSM tags eindeutig einer CORINE Klasse zugeordnet werden, weshalb die Legende unseres Produktes von der CORINE Legende abweichen kann.

Tabelle 1: Legendenharmonisierung von OSM tags und CORINE Klassen

CLC Klassen-code	CLC Klassenname	Zugehöriger OSM tag
1.1	Urban fabric	residential
1.2	Industrial, commercial and transport units	industrial, commercial, retail, harbour, port, railway, lock, marina
1.3	Mine, dump and construction sites	quarry, construction, landfill, brownfield
1.4	Artificial non-agricultural vegetated areas	stadium, recreation_ground, golf_course, sports_center, common, allotments, playground, pitch, village_green, cemetery, park, zoo, track, garden
2.1	Arable land	greenhouse_horticulture, greenhouse, farmland, farm, farmyard
2.2	Permanent crops	vineyard, orchard
2.3	Pastures	meadow
2.4	Heterogeneous agricultural areas	-
3.1	Forests	forest, wood
3.2	Shrub and/or herbaceous vegetation associations	grass, greenfield, scrub, heath, grassland
3.3	Open spaces with little or no vegetation	fell, sand, scree, beach, mud, glacier, rock, cliff
4.1	Inland wetlands	march, wetland
4.2	Coastal wetlands	salt_pond, tidal
5.0	Water bodies	water, riverbank, reservoir, basin, dock, canal, pond

3 Infrastruktur

Die Infrastruktur von OSM Landuse Landcover (OSM LULC) setzt sich aus einer Datenbank und drei Diensten zusammen.

OpenStreetMap bietet seine Daten frei verfügbar und täglich aktualisiert über das Web zum Download an (planet.openstreetmap.org). Dadurch können sie mithilfe der Java-Anwendung Osmosis in einer relationalen PostgreSQL/PostGIS Datenbank abgelegt werden. Nun werden mehrere Hilfstabellen und 8 thematische Nebentabellen erzeugt, welche die OSM Geometrien enthalten. Technische Details dieses Vorgangs können in (Goetz, Lauer, & Auer, 2012) nachvollzogen werden.

OSM LULC greift ausschließlich auf die Nebentabelle „naturals“ zurück, welche nur OSM Objekte mit den keys landuse, waterway, leisure, tourism und naturals enthält.

Der zur Auslieferung verwendete Kartenkachel-Cache Mapproxy ist so konfiguriert, dass er die Karte bis zu einer gewissen Zoomstufe vorprozessiert vorhalten kann und sie ohne konkrete Abfrage der Datenbank direkt an den Client zurückgibt. Dies ermöglicht eine schnelle Kartendarstellung bei großen angefragten Kartenausschnitten. Die von Mapproxy zurückgegebenen Kartenausschnitte sind vorprozessierte Kacheln, welche der Mapproxy von einem Mapserver, in diesem Fall ein Geoserver, erhält. Sollte der Client eine höhere Zoomstufe anfordern, so wird die Anfrage an den Geoserver weitergeleitet. Dieser fragt nun mit einem SQL-Statement die Datenbank an, welche die Daten in dem angefragten Kartenausschnitt an den Geoserver zurückgibt. Schließlich bereitet der Geoserver die Daten mithilfe einer SLD visuell auf und bildet Klassen anhand der Tags, bevor der den Kartenausschnitt an den Client liefert (siehe Kap. 2.3).

Weiterhin wurde ein Node.js Service entwickelt. Bei jeder Veränderung des Kartenausschnitts durch den Nutzer wird dieser Dienst über eine API angefragt und erhält die Eckkoordinaten des neuen Ausschnitts. Mit Hilfe dieser Information wird eine Datenbankabfrage generiert, welche die Summe der Flächenanteile der im Kartenausschnitt dargestellten Landnutzungsklassen zurückgibt. Der Dienst sendet die aggregierten Flächeninhalte im JSON-Format an die Webanwendung zurück, welche daraus wiederum ein Kreisdiagramm erzeugt.

4 Qualitätsmaße

Um die Qualität unseres Produktes bewerten zu können, wurde es auf seine Vollständigkeit, zeitliche Konsistenz und thematische Genauigkeit untersucht. Das hierfür gewählte Untersuchungsgebiet Heidelberg, in Südwestdeutschland gelegen, umfasst 108.84 km².

Mithilfe der klassifizierten OSM tags (vgl. Tabelle 1) konnten 91,8% des Untersuchungsgebietes durch unser Produkt kartiert werden. In den entstandenen Lücken konnten keine LULC-relevanten Informationen extrahiert werden.

Da Mitwirkende von OSM die Daten zu verschiedenen Zeitpunkten aufnehmen, sind die Geometrien unseres Produktes zeitlich auffallend heterogen. Mithilfe des OSM-Attributes „timestamp“ ließ sich in Bezug auf das Untersuchungsgebiet feststellen, dass die meisten

Daten nach 2012 aufgenommen bzw. editiert wurden, es jedoch auffallende Schwankungen zwischen den einzelnen Klassen gibt.

Die thematische Genauigkeit unseres Produktes wurde anhand von 1400, zufällig im Untersuchungsgebiet verteilten Stichprobenpunkten, ermittelt. Als Grundlage eines Referenzdatensatzes wurden hochauflösende Satellitenbilder des Jahres 2012 verwendet. Durch Expertenklassifikation einer kreisförmigen Fläche von 0.09 ha um die Stichprobenpunkte konnten die Daten einer Landnutzungsklasse zugeordnet werden.

Die Unterschiede unserem Produkt und dem Referenzdatensatz wurden in einer sogenannten Konfusionsmatrix beschrieben. Dabei wurde eine thematische Genauigkeit unseres Produktes von 87,9% innerhalb des Untersuchungsgebietes festgestellt.

5 Fazit

Der Erfolg von OSM als prominentestes Beispiel einer ganzen Reihe von VGI-Initiativen hat, vor allem in den letzten Jahren, zu einer enormen Menge an frei zugänglichen geographischen Information geführt (Ramm, 2014). Diese wurden und werden verstärkt von Studien der Geoinformatik aufgegriffen und weisen ein großes Potential für eine Vielzahl von Anwendungen auf.

Basierend auf OSM-Daten wurde in dieser Studie ein open source Landnutzungsprodukt vorgestellt, dessen Legende sich an der CORINE Legende orientiert. Während des Entstehungsprozesses wurden zugleich mögliche Schwächen deutlich, welche die Qualität des Produktes mindern könnten. Zu diesen zählen Informationslücken, zeitliche Heterogenität der Daten, semantische Differenzen bei der Legendenharmonisierung und eine limitierte Datengrundlage durch den begrenzten Einsatz von tags.

Die Qualitätsmaße für unser Produkt waren für unser Untersuchungsgebiet beachtlich. Jedoch ist die Datenlage und die Nutzeraktivität nicht überall auf der Erde derart hoch, weshalb in anderen Gebieten deutlich schlechtere Ergebnisse zu erwarten sind (Neis, Zielstra, & Zipf, 2013).

Um die genannten Schwächen auszugleichen und das volle Potenzial der OSM-Daten ausschöpfen zu können, wird weitere Forschung nötig sein. Unser Produkt kann jedoch als ein prototypischer Beitrag zur Erstellung einer LULC Karte aus OSM Daten gesehen werden.

Literatur

- Arino, O., Perez, J. J. R., Kalogirou, V., Bontemps, S., Defourny, P., & Van Bogaert, E. (2012). Global land cover map for 2009 (GlobCover 2009).
- Arsanjani, J. J., Mooney, P., Zipf, A., & Schauss, A. (2015). Quality assessment of the contributed land use information from OpenStreetMap versus authoritative datasets. In *OpenStreetMap in GIScience* (pp. 37–58). Springer.

- Arsanjani, J. J., & Vaz, E. (2015). An assessment of a collaborative mapping approach for exploring land use patterns for several European metropolises. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35, 329–337.
- Bégin, D., Devillers, R., & Roche, S. (2013). Assessing volunteered geographic information (VGI) quality based on contributors' mapping behaviours. In *Proceedings of the 8th international symposium on spatial data quality ISSDQ* (pp. 149–154).
- Bossard, M., Feranec, J., Otahel, J., & others. (2000). CORINE land cover technical guide: Addendum 2000.
- Cihlar, J., & Jansen, L. J. (2001). From land cover to land use: a methodology for efficient land use mapping over large areas. *The Professional Geographer*, 53(2), 275–289.
- Corine Land Cover - OpenStreetMap Wiki. (n.d.). Retrieved 27 January 2017, from http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Corine_Land_Cover
- De Sherbinin, A. (2002). *A CIESIN thematic guide to land-use and land-cover change (LUCC)*. Center for International Earth Science Information Network, Columbia University.
- Dorn, H., Törnros, T., & Zipf, A. (2015). Quality evaluation of VGI using authoritative data—A comparison with land use data in Southern Germany. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3), 1657–1671.
- Estima, J., & Painho, M. (2013). Exploratory analysis of OpenStreetMap for land use classification. In *Proceedings of the second ACM SIGSPATIAL international workshop on crowdsourced and volunteered geographic information* (pp. 39–46). ACM.
- Feranec, J., Soukup, T., Feranec, G., & Jaffrain, G. (2016). *European landscape dynamics: CORINE land cover data*. CRC Press.
- Fonte, C., Minghini, M., Antoniou, V., See, L., Patriarca, J., Brovelli, M., & Milcinski, G. (2016). Automated methodology for converting OSM data into a land use/cover map.
- Foody, G. M., See, L., Fritz, S., Van der Velde, M., Perger, C., Schill, C., & Boyd, D. S. (2013). Assessing the accuracy of volunteered geographic information arising from multiple contributors to an internet based collaborative project. *Transactions in GIS*, 17(6), 847–860.
- Fritz, S., Bartholome, E., Belward, A., Hartley, A., Stibig, H.-J., Eva, H., ... others. (2003). *Harmonisation, mosaicing and production of the Global Land Cover 2000 database (Beta Version)*. EC-JRC.
- Fritz, S., McCallum, I., Schill, C., Perger, C., See, L., Schepaschenko, D., ... Obersteiner, M. (2012). Geo-Wiki: An online platform for improving global land cover. *Environmental Modelling & Software*, 31, 110–123.
- 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. In *4th International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications and Services (GEOProcessing 2012)* (Vol. 30, pp. 50–58). IARIA Valencia.
- Goodchild, M. (2007). *Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0. IJSDIR 2: 24–32*.
- Homer, C. H., Fry, J. A., & Barnes, C. A. (2012). *The national land cover database*. US Geological Survey.

- Jiyuan, L., Mingliang, L., Xiangzheng, D., Dafang, Z., Zengxiang, Z., & Di, L. (2002). The land use and land cover change database and its relative studies in China. *Journal of Geographical Sciences*, 12(3), 275–282.
- Jokar Arsanjani, J., Helbich, M., Bakillah, M., Hagenauer, J., & Zipf, A. (2013). Toward mapping land-use patterns from volunteered geographic information. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(12), 2264–2278.
- Jones, K. (2008). Importance of land cover and biophysical data in landscape-based environmental assessments. *North America Land Cover Summit. Association of American Geographers, Washington, DC, USA*, 215–249.
- Kandrika, S., & Roy, P. S. (2008). Land use land cover classification of Orissa using multi-temporal IRS-P6 awifs data: A decision tree approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10(2), 186–193.
- Kasetkasem, T., Arora, M. K., & Varshney, P. K. (2005). Super-resolution land cover mapping using a Markov random field based approach. *Remote Sensing of Environment*, 96(3), 302–314.
- Mayaux, P., Eva, H., Gallego, J., Strahler, A. H., Herold, M., Agrawal, S., ... others. (2006). Validation of the global land cover 2000 map. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44(7), 1728–1739.
- Neis, P., Zielstra, D., & Zipf, A. (2013). Comparison of volunteered geographic information data contributions and community development for selected world regions. *Future Internet*, 5(2), 282–300.
- Ramm, F. (2014). *OpenStreetMap Data in Layered GIS Format*.
- Wästfelt, A., & Arnberg, W. (2013). Local spatial context measurements used to explore the relationship between land cover and land use functions. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 23, 234–244.
- Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Galuszka, A., ... others. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351(6269), aad2622.