

Erkennung von Fußgängerstreifen aus Orthophotos

Stefan Keller¹, Severin Bühler¹, Samuel Kurath¹

¹HSR Hochschule für Technik Rapperswil (Schweiz) · sfkeller@hsr.ch

Zusammenfassung: Fußgängerstreifen sind ein wichtiger Bestandteil der Fußgängernavigation. Sie sind jedoch bei den Behörden kaum digital zugänglich und nur spärlich in OpenStreetMap erfasst. Um dem entgegen zu wirken, befasst sich dieses Projekt mit der automatischen Erkennung von Fußgängerstreifen auf Orthophotos (Satellitenbildern). Dabei entstand eine Applikation, die Fußgängerstreifen entlang von Straßen findet und ihre Koordinaten extrahiert. Die Erkennung erfolgt durch ein Neuronales Netz. Dieser Prozess konnte mithilfe von Parallelisierung auf eine große Anzahl von Computern verteilt werden, was die Verarbeitung vieler Daten in angemessener Zeit überhaupt erst ermöglichte. Es wurde eine Erkennungsrate von über 80 % der visuell sichtbaren Fußgängerstreifen mit einer Fehlerrate von weniger als 10 % erreicht. Die Koordinaten der Fußgängerstreifen wurden im Anschluss an das Crowdsourcing-System MapRoulette, übergeben. Auf diesem Weg werden die Daten in OpenStreetMap integriert und tragen zur Verbesserung der Fußgängernavigation bei. Der Erkennungsalgorithmus kann mit entsprechenden Kenntnissen auch auf weitere Objekte angewendet werden.

Schlüsselwörter: Big Data, Open Data, Navigation, Bilderkennung, maschinelles Lernen

***Abstract:** Crosswalks are an essential part of pedestrian navigation. Unfortunately, they are recorded only sparsely in OpenStreetMap. This leads to non-optimal routes. To counteract this problem, the topic of this project is to automate the process of finding crosswalks on orthophotos (satellite images). The result is an application which finds yellow crosswalks along streets and extracts their coordinates. The recognition is implemented with a neural network. It has achieved a recognition rate of over 80 % with a false discovery rate of less than 10 %. This process could be shared on a large number of computer by using a queuing system that makes the processing of so much data possible. After that, the coordinates were added to the crowdsourcing system MapRoulette. With this solution the coordinates of the crosswalks can be integrated in OpenStreetMap to help improve pedestrian navigation. It is possible to expand this solution so that the algorithm can be applied to other objects.*

Keywords: Big data, open data, navigation, image detection, machine learning

1 Ausgangslage

Dieser Beitrag beschreibt den erfolgreichen Versuch der automatischen Erkennung von gelben Fußgängerstreifen aus herkömmlichen Orthophotos (Satellitenbilder). Bisher sind nur wenige Arbeiten auf dem Gebiet bekannt (SENLET & ELGAMMAL 2012, ISHINO & SAJI (2008).

Fußgängerstreifen und allgemein Fußgängerübergänge sind ein essenzieller Bestandteil der Fußgängernavigation. Sie sind jedoch selbst bei den Behörden, die sie bewilligen und unterhalten, kaum in digitaler Form vorhanden. Aber auch in OpenStreetMap – dem bekanntesten Projekt im Bereich der „Volunteered Geographic Information“ – sind Fußgängerstreifen noch nicht vollständig erfasst (siehe Attribut ('Tag') „highway=crossing“). Dies im Gegensatz zu den Straßenachsen, von denen angenommen wird, dass sie praktisch vollständig vorhanden sind in OpenStreetMap.

Die Kenntnisse der genauen Anzahl und Lage von Fußgängerstreifen ermöglichen verschiedene Rückschlüsse beispielweise über die Sicherheit der Verkehrswege. Zudem können sie weitere Informationen zu Verkehrsplanung beisteuern.



Abb. 1: Orthophoto der Innenstadt von Rapperswil (St. Gallen, Schweiz). Gefundene gelbe Fußgängerstreifen sind mit einem grünen Punkt markiert (Quelle: Bing Maps 2015).

2 Vorgehen

In einem ersten Schritt wurde der geeignetste Bilderkennungsalgorithmus evaluiert. Dabei wurden folgende Algorithmen implementiert und mittels Klassifikation der Bilder getestet:

- „Haar Feature-based Cascade Classifier“ (BALL 2013),
- „Fast Fourier Transformation“,
- „Convolutional Neural Network“ (Neuronales Netz).

Das Convolutional Neural Network brachte die besten Resultate. Dieses Neuronale Netz gehört zur Familie der „Deep Learning“-Algorithmen, die dem Neusten dem Stand der Technik entsprechen (ZISSERMAN et al. 2015).

Um das Neuronale Netz zu trainieren, mussten Koordinaten der bereits in OpenStreetMap erfassten Fußgängerstreifen beschafft werden. Dazu kamen Orthophotos von Bing Maps, wie auch Informationen zu Straßenachsen, die ebenfalls aus OpenStreetMap stammen. Um die bereits vorhandenen Fußgängerstreifen und Straßenachsen aus OpenStreetMap zu extrahieren, wurde auf die Programmierschnittstelle von MapQuest zurückgegriffen.

Da die Bilderkennung ein sehr rechenintensiver Prozess ist, musste der Erkennungsprozess parallelisiert werden. Mithilfe der Softwaretechnologie „Docker“ (BOETTIGER 2015) und einem in Python geschriebenen sogenannten Queueing-System (CHOLLET 2015) konnte der Prozess auf verschiedene Maschinen verteilt und der Erkennungsaufwand auf wenige Tage verkürzt werden.

Um die Datenqualität hoch zu halten, wurden schließlich die automatisch eruierten Koordinaten in einem letzten Schritt in das bestehende Crowdsourcing-System „MapRoulette“ (WROCLAWSKI 2014) eingespeist. In MapRoulette beurteilen Nutzer eine Koordinate nach der anderen. Falls diese einem Fußgängerstreifen entsprach, pflegten sie den Fußgängerstreifen von Hand und mit dem eigenen Benutzerkonto in OpenStreetMap ein.

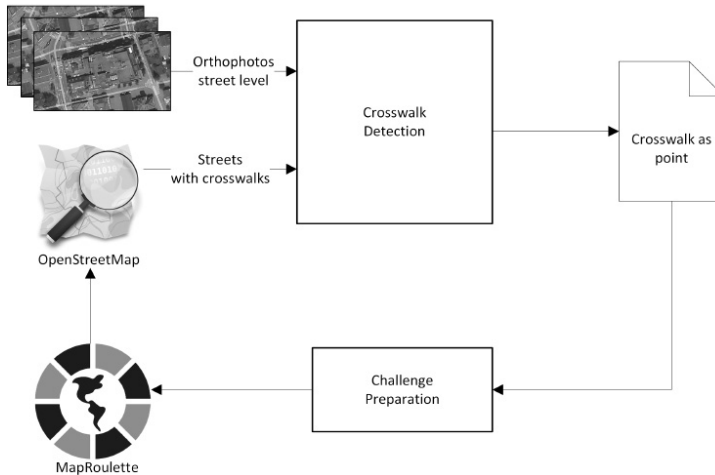


Abb. 2: Überblick über das System zur automatischen Erkennung von Fußgängerstreifen aus Orthophotos inkl. Einspeisung in das MapRoulette-System

3 Ergebnisse

In diesem Projekt entstand eine einfach installierbare Software-Applikation für die automatische Erkennung von Fußgängerstreifen, die mit neusten Erkennungsalgorithmen arbeitet und auch mit großen Datenmengen umgehen kann. Die Software wurde unter einer Open Source-Lizenz veröffentlicht.

Die Applikation bezieht in einem angegebenen räumlichen Bereich die entsprechenden Orthophotos und Straßeninformationen und extrahiert daraus automatisch die Koordinaten von (gelben) Fußgängerstreifen.

Das bearbeitete Gebiet umfasste die Großregion Zürich (Schweiz). Es wurde eine Erkennungsrate von über 80 % der visuell sichtbaren Fußgängerstreifen mit einer Fehlerrate von weniger als 10 % erreicht.

Die Koordinaten wurden in einer Datei im Format „GeoJSON“ (BUTLER 2016) abgelegt und in aufbereiteter Form der Webapplikation MapRoulette übergeben. Innerhalb von ca. sechs Wochen wurden alle ca. 4.500 Objekte von Freiwilligen als Fußgängerstreifen in OpenStreetMap integriert.

4 Diskussion

In der Schweiz sind aktuell über 40.000 Fußgängerstreifen in OpenStreetMap erfasst (Stand April 2016) mit einer geschätzten Zuwachsrate von ca. 50 Fußgängerstreifen pro Woche. Als Vergleich dazu wurden mit einer eigenen Abfrage die Fußgängerstreifen von Deutschland gezählt: Es sind über 100.000. Das heißt, dass es in Deutschland nur ca. doppelt so viele Fußgängerstreifen gibt verglichen mit der ca. zehn Mal kleineren Schweiz. Dies sind die ersten Zahlen, die auf effektiven Zählungen und nicht auf Hochrechnungen beruhen.

Diese Erkenntnisse sind das Resultat einer skalierbaren Applikation, die auf einem „Deep Learning“-Algorithmus beruht, der dem neusten Stand der Technik entspricht. Die zu verarbeitende Datenmenge verlangte eine Parallelisierung, ohne die man mit Rechenzeiten von mehreren Wochen zu rechnen gehabt hätte. Das alles zusammen sind typische Eigenschaften von „Big Data“.

Die Applikation wurde mit modernen Softwaretechnologien realisiert, die eine einfache Installation erlauben und es ermöglichen, dass der Prozess nachvollzogen sowie auf weitere Regionen (in der Schweiz) angewendet werden kann. Am Ende der Prozesskette wurde mit MapRoulette eine spielerische Komponente („Gamification“) genutzt.

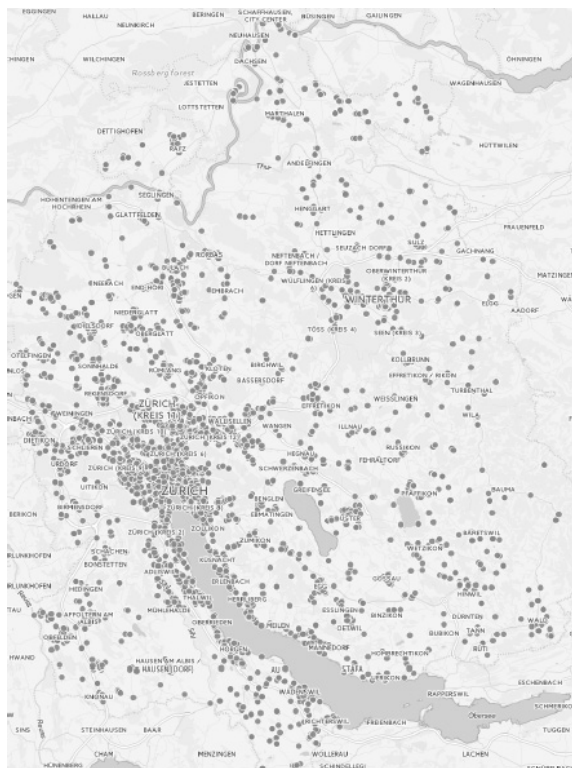


Abb. 3: Resultat mit den automatisch erkannten Fußgängerstreifen als Punktkarte der Großregion Zürich (Schweiz)

Literatur

- BALL, T. (2013), Train your own OpenCV haar classifier.
<http://coding-robin.de/2013/07/22/train-your-own-opencv-haar-classifier.html>
(22.04.2016)
- BOETTINGER, C. (2015), An introduction to Docker for reproducible research. In: ACM SIGOPS Operating Systems Review – Special Issue on Repeatability and Sharing of Experimental Artifacts archive, 49 (1) 71-79. ACM New York, NY, USA.
doi:10.1145/2723872.2723882.
- BUTLER, H. et al. (2016), The GeoJSON Format. Internet Engineering Task Force.
<http://geojson.org/> (22.04.2016)
- CHOLLET, F. (2015), Keras. <https://github.com/fchollet/keras> (22.04.2016).
- ISHINO, Y. & SAJI, H. (2008), Extraction of road markings from aerial images. In: SICE Annual Conference, 2008, 2180-2183. IEEE.
- SENLET, T. & ELGAMMAL, A. (2012), Segmentation of occluded sidewalks in satellite images. In: Pattern Recognition (ICPR) 2012, 21st International Conference on, 805-808. IEEE.
- WROCLAWSKI, S. (2014), MapRoulette 2: Electric Boogaloo. In: SotM-EU, 13-15 Juni 2014, Karlsruhe. <http://sotm-eu.org/en/slots/54> (22.04.2016).
- ZISSERMAN, A. & SIMONYAN, K. (2015), Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. <http://arxiv.org/abs/1409.1556>.