

KLASSIFIKATION VON BEBAUUNGSSTRUKTUREN AUS SENTINEL-SATELLITENAUFNAHMEN UNTER VERWENDUNG VON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Tobias Friesewinkel

Hochschule Darmstadt Fachbereiche Mathematik und Naturwissenschaften & Informatik

Referent: Prof. Dr. Horst Zisgen | Korreferent: Prof. Dr. Markus Döhring

Externe Betreuung: Dr.-Ing. Damian Bargiel



Motivation

Die Kartierung menschlicher Siedlungen ist von großer Bedeutung. Dies gilt insbesondere im Zeitalter der Urbanisierung. Womit die Information der Einwohnerzahlen, Bevölkerungsdichte und -verteilung innerhalb der Städte an Bedeutung gewinnen. Die Fernerkundung bietet dafür Verfahren, indem Satellitenaufnahmen und automatisierte Bildauswertungsalgorithmen genutzt werden, um über Erdbeobachtungsdaten und daraus abgeleiteten Geoinformationen verschiedenste stadtgeografische Aspekte zu beleuchten und Erkenntnisse zu gewinnen. Die Sentinel- und Copernicus-Programme bieten erstmals frei verfügbare Satellitenaufnahmen zur globalen flächendeckenden Kartierung. Daher besteht ein hohes Interesse das Potenzial der Sentinel-Satellitenaufnahmen zur Kartierung von Bebauungsstrukturen in Stadtgebieten unter der Verwendung von CNNs zu untersuchen.

Ziele und Leitfaden der Arbeit

Das Ziel dieser Masterarbeit war es, das Kartieren von Bebauungstypen in Stadtgebieten aus Sentinel- und Copernicus-Daten und in diesem Kontext die Verwendung von Convolutional Neural Networks (CNN) zu erforschen.

1. Klassifikation der laut Deutschem Wetterdienst (DWD) definierten Bebauungstypen für zwei deutsche Städte, unter Verwendung von Sentinel- und Copernicus-Daten. Die Methodik kann in folgende Unterpunkte eingeteilt werden:

- Generierung von Trainingsdaten für DWD Bebauungstypen auf Basis räumlich hoch aufgelöster Luftbilder innerhalb der Städte Köln und Berlin.
- Optimieren der beiden Modelle U-Net und Fully Convolutional Network (FCN) unter Verwendung verschiedener Aufbauten sowie Hyper-Parameter.
- Feature Selection unterschiedlicher Eingangsdatensätze der Sentinel-Satelliten (Spektralbereiche, Radarkohärenz und Radarrückstreuung).

2. Übertragung der Ergebnisse aus dem ersten Teil auf ausgewählte europäische Städte, unter Verwendung europaweit verfügbarer Daten des Urban Atlas. Die Methodik kann in folgende Unterpunkte eingeteilt werden:

- Aggregation der DWD Bebauungstypen auf die Klassen des Urban Atlas und Anwendung des besten Modells zur Segmentierung von Bebauungsstrukturen.
- Klassifikation weiterer ausgewählter europäischer Städte (München, Warschau und Madrid) und anschließende Aggregation auf die Klassen des Urban Atlas.
- Vergleich der aggregierten Klassifikationen mit der Karte des Urban Atlas.

Daten

Der generierte Datensatz besteht aus 2523 gelabelten Rasterbildern (Masken) und den entsprechenden Originalbildern der Sentinel-Satellitenaufnahmen mit 22 Kanälen. Davon stammen 759 Bilder aus Köln und 1764 Bilder aus Berlin. Ein Bild besitzt ein Pixelmaß von 32x32. Als Grundlage der Klasseneinteilung dienten die Bebauungstypen des Deutschen Wetterdiensts. Es wurden Bebauungsstrukturen in sieben verschiedene Bebauungstypen klassifiziert und zusätzlich eine Klasse Background.

Segmentierungsmodelle

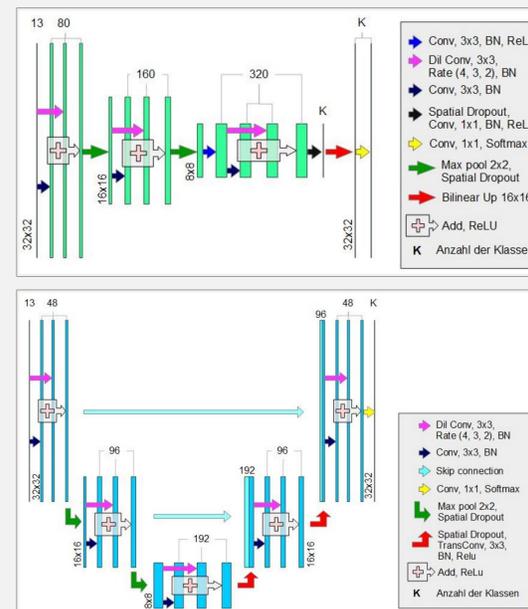
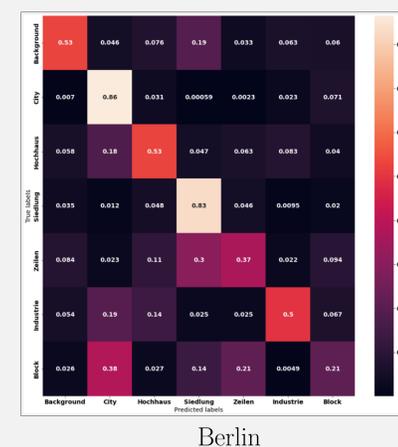
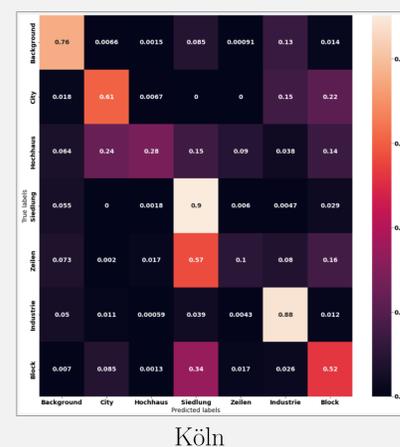


Figure 1: (oben) Das optimierte FCN und (unten) das optimierte U-Net zum Segmentieren auf dem verwendeten Datensatz.

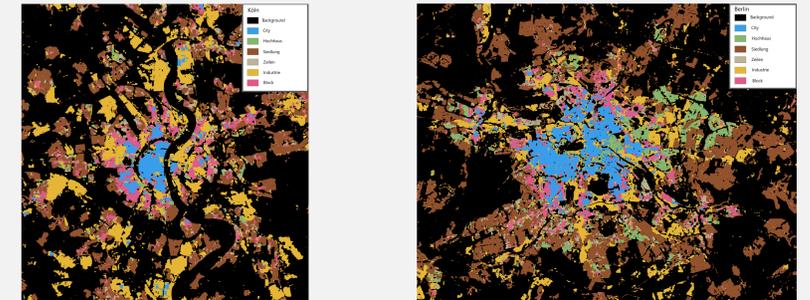
Bei der Modelloptimierung wurden mit der Anpassung des Aufbaus und der Convolutional-Blocks die höchsten Verbesserungen der Modelle erzielt. Dabei verhielten sich beide Modelle sehr ähnlich zueinander. Die darauf folgende Feature Selection und die weiteren Optimierungen der Filteranzahl, Aktivierungsfunktion, Batch Size und der Dropout-Methode hatten keinen großen Einfluss auf die Genauigkeit der Modelle. Der Vergleich der Segmentierungsarchitekturen hat gezeigt, dass die simple Architektur des FCN die bessere Wahl ist. Dabei hat das stufenweise Upsampling mit den Transposed Convolutional-Layern und die Methode der Skip Connection zu keiner höheren Genauigkeit geführt. Ergebnisse beider Modelle:

Modell	mIoU (%)		OP (%)		PC (%)		Berechnungs- dauer pro Bild
	Val.	Test.	Val.	Test.	Val.	Test.	
U-Net	45,92	42,95	67,16	64,20	62,45	59,34	6,77 ms
FCN	46,92	43,17	67,71	64,39	63,32	59,67	4,69 ms

Konfusionsmatrix der Testdaten

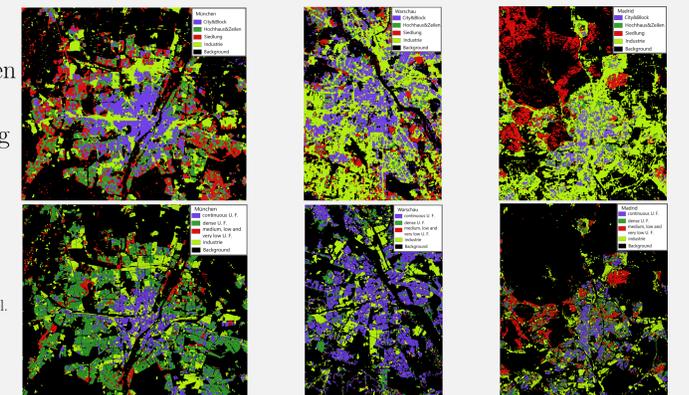


Kartierung von Köln und Berlin



Ergebnistransfer auf europäische Städte

Aggregierte Bebauungstypen des DWD Segmentierung mit FCN



Urban Atlas
(Quelle: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel>
Accessed: 2020-08-06)

Fazit

Aus dieser Arbeit ging hervor, dass eine Kartierung von Bebauungsstrukturen in Stadtgebieten aus Sentinel- und Copernicus-Daten mit der Verwendung eines CNN realisierbar ist. Die Arbeit hat damit erstmals Fragestellungen zum Kartieren von städtebaulichen Typologien auf den Sentinel- und Copernicus-Daten beleuchtet. Die Auswertung der Ergebnisse auf dem generierten Datensatz hat eine Gesamtgenauigkeit von 43 % im Mean Intersection Over Union und 64 % in der Overall Pixel Accuracy ergeben. Damit wurde eine durchschnittliche Genauigkeit der Segmentierung von Bebauungsstrukturen mit 43 % und eine gesamte Pixelgenauigkeit von 64 % erzielt. Die größte Differenzierungsschwierigkeit der Bebauungsstrukturen wurde zwischen der Ein- und Mehrfamilienhaussiedlung, Reihenhaussiedlung und Zeilenbebauung ersichtlich.

Eine Untersuchung der Eingangsdaten hat gezeigt, dass neben den optischen Bildern auch Radarbilder der Sentinel-Satelliten einen Mehrwert bei der Erkennung von Bebauungsstrukturen liefern. Mithilfe des Ergebnistransfers auf europäische Städte konnte keine vollständige Antwort auf die Forschungsfrage, ob die Bebauungstypen des DWD für europäische Städte geeignet sind, abgegeben werden.