

KURZFASSUNG

der mit dem
**Wissenschaftlichen Nachwuchspreis
„Statistical Science for the Society“**
des Statistischen Bundesamtes
ausgezeichneten Masterarbeit

zum Thema
„Neuronale Netze in der Baustatistik –
Automatisiertes Erkennen von Baustellen
anhand von Luftbildern“

von

Elena Stäger, M.Sc.

Technische Universität Dortmund

Neuronale Netze in der Baustatistik – Automatisiertes Erkennen von Baustellen anhand von Luftbildern

— Kurzfassung der Masterarbeit —

Elena Stäger

31.03.2022

Motivation und Vorhaben dieser Arbeit

Demografische Wanderungsbewegungen und eine regional stark unterschiedliche Wohnraumverfügbarkeit haben in den vergangenen Jahren vor allem in Ballungsgebieten zu steigenden Mieten und Baupreisen sowie zu einer kontroversen und häufig emotionalen öffentlichen Debatte geführt [2]. Die Verfügbarkeit regionaler, möglichst kleinräumiger Daten zu aktuellen und zukünftigen Entwicklungen des Immobilienmarkts ist für Planungs- und Entwicklungszwecke von zentraler Bedeutung und kann zu einer Versachlichung der Diskussion beitragen.

Politik, Medien, Wirtschaft, sowie Raum- und Städteplanung nutzen insbesondere die amtlichen Statistiken der Baugenehmigungen und -fertigstellungen um die Entwicklung des Wohnungsbestands zu beobachten [6]. Zudem dienen diese Statistiken als Indikator zur Bewertung der Wirtschaftsentwicklung im Bausektor, fließen in die Berechnung der Inflationsrate [5] ein und werden für die kurzfristige Konjunkturentwicklung in Deutschland verwendet [4].

Die Baustatistiken werden mittels einer monatlichen Gesamterhebung über die Statistischen Landesämter mit Hilfe der Bauaufsichtsbehörden und der Bauherr:innen durchgeführt. In der Theorie handelt es sich bei der Baustatistik um eine Vollerhebung, da faktisch alle Bauvorhaben einer gesetzlichen Genehmigungspflicht unterliegen. In der Praxis kommt es jedoch zu deutlichen Untererfassungen sowohl auf Seiten der Meldungen an die Bauaufsichten als auch auf Seiten der durch die Aufsichten postalisch (und in Papierform) Befragten, wodurch zwei nicht trennbare Ausfallmechanismen zusammenfallen. Zudem kommt es vor, dass Mitarbeiter bei den Gemeinden selbst Angaben auf den Bögen ändern oder diese abtippen, wodurch zusätzlich Fehler im Prozess der Datenverarbeitung auftreten können. Entsprechend hoher manueller Aufwand muss für die Überprüfung und Plausibilisierung des Datenbestands eingesetzt werden. Eine Möglichkeit der manuellen Nachprüfung von Bautätigkeiten ist die Verwendung amtlicher Luftbilder oder Satellitendaten, die Landesbehörden über die Bezirksregierung Köln zur Verfügung gestellt werden.

Damit Nachprüfungen von Bauvorhaben nicht manuell getätigt werden müssen, bestand das Ziel dieser Arbeit darin, Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) anzuwenden, um anhand von Luftbildaufnahmen Bauvorhaben automatisiert erkennen zu können. Hierzu wurden von Flugzeugen aufgenommene Luftbilder mit hoher Auflösung verwendet, die von der Bezirksregierung Köln bereit gestellt wurden. Mit Hilfe dieser Luftbilder wurde ein (Trainings-)Datensatz erstellt. Anhand dessen wurde ein Algorithmus trainiert, mit dem Baustellen auch in unbekanntem Luftbildern erkannt werden können. Hieraus generierte Erkenntnisse können mit den gemeldeten Bauvorhaben verglichen werden, um die Qualität der automatischen Erkennung zu evaluieren.

Methode

Zur Bildverarbeitung anhand maschineller Lernverfahren stehen unterschiedliche Algorithmen zur Verfügung, die in der wissenschaftlichen Literatur etabliert sind. Für die Berücksichtigung und die effiziente Verarbeitung räumlicher Strukturen eignen sich dabei aufgrund ihrer Architektur vor allem Neuronale Netze. (Künstliche) Neuronale Netze basieren auf dem Konzept der synaptischen Verbindungen im Nervensystem. Ein Neuronales Netz besteht aus sogenannten Knoten und Gewichten, die zusammen Neuronen simulieren.

Insbesondere zur Lokalisierung von Gebäuden sowie zur Schadenserkenkung an diesen haben in den vergangenen Jahren Convolutional Neural Networks (CNN) Anwendung gefunden und dabei vielversprechende Ergebnisse erzielt [1, 3]. Aus diesem Grund wurden CNN auch für die hier vorliegende Problemstellung angewendet.

Ergebnisse

In dieser Arbeit wurden drei vortrainierte Convolutional Neural Networks (VGG, ResNet, Inception) hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit bei der Erkennung von Baustellen auf Basis von Luftbildern evaluiert und miteinander verglichen. Insbesondere das vortrainierte ResNet-CNN liefert mit einer Genauigkeit (Anteil korrekt klassifizierter Bilder) von 98% bereits sehr gute Ergebnisse und benötigt nur wenige Iterationen zum Trainieren. Für die zwei besten Kombinationen aus Trainingsmodell (VGG und ResNet) und Gewichtungsmo­dell (feste und zufällige Gewichte) wurde in einem zweiten Schritt zusätzlich eine Optimierung der Hyper-Parameter durchgeführt. Dadurch konnte die Genauigkeit für das beste Trainingsmodell (ResNet) auf 99,74% erhöht werden.

Die Ergebnisse wurden anhand eines neu erstellten Datensatzes mit unbekanntem Bildern aus einer ländlichen und einer städtischen Region überprüft. Für die ländliche Region (Hochsauerlandkreis) wurde eine Genauigkeit von über 95% korrekt klassifizierter Luftbilder erreicht. Die städtische Region (Gelsenkirchen) lieferte eine Genauigkeit von ca. 90%. Zusätzlich wurden die Präzision (Anteil korrekterweise als Baustelle klassifizierter Luftbilder) und die Sensitivität (Anteil korrekt klassifizierter Baustellen) betrachtet. Für den Hochsauerlandkreis konnte eine Präzision von über

60% und eine Sensitivität von über 90% erreicht werden. In Gelsenkirchen lag die Präzision bei ca. 45% und die Sensitivität bei ca. 80%. In städtischen Umgebungen werden entsprechend etwas weniger echte Bauvorhaben gefunden, während mehr Fehlklassifikationen stattfinden. Für eine Automatisierung bedeuten mehr Fehlklassifikationen mehr manuellen Prüfaufwand, während eine höhere Sensitivität die Qualität der Plausibilisierung verbessern kann.

Fazit

In dieser Arbeit wurden drei Convolutional Neural Networks trainiert, um zu prüfen, ob diese zur Erkennung von Baustellen auf Basis von Luftbildern genutzt werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass CNNs generell sehr gut geeignet sind, um Baustellen in Luftbildern zu erkennen.

Diese Methode könnte in Zukunft verwendet werden, um das Ausmaß nicht gemeldeter Bautätigkeiten abschätzen bzw. die Grundgesamtheit der Bautätigkeiten genauer erfassen zu können. Die daraus resultierende Qualitätssteigerung der Bautätigkeitsstatistik könnte somit genauere Aussagen zur aktuellen Wirtschaftslage ermöglichen sowie die für die Stadtplanung zuständigen Entscheidungsträger mit exakteren Kennzahlen unterstützen.

Literatur

- [1] Castelluccio, M., Poggi, G., Sansone, C., Verdoliva, L., 2015. Land Use Classification in Remote Sensing Images by Convolutional Neural Networks. CoRR, [online] Available at: <https://arxiv.org/pdf/1508.00092.pdf> [Accessed 5 November 2020].
- [2] Deutschlandfunk Kultur. 2022. Debatte über steigende Mieten - "Wer enteignet hier eigentlich wen?". [online] Available at: <https://www.deutschlandfunkkultur.de/debatte-ueber-steigende-mieten-wer-enteignet-hier-100.html> [Accessed 15 February 2022].
- [3] Gardner, D. und Nichols, D., 2017. Multi-Label Classification Of Satellite Images With Deep Learning. [online] Available at: <http://cs231n.stanford.edu/reports/2017/pdfs/908.pdf> [Accessed 4 November 2020].
- [4] Ifo.de. 2022. ifo Konjunkturprognose Sommer 2021: Deutsche Wirtschaft im Spannungsfeld zwischen Öffnungen und Lieferengpässen. [online] Available at: <https://www.ifo.de/ifo-konjunkturprognose/20210616> [Accessed 15 February 2022].
- [5] Statistisches Bundesamt. 2022. Konjunkturindikatoren. [online] Available at: https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Konjunkturindikatoren/_inhalt.html [Accessed 15 February 2022].
- [6] Wohnungsmarktbeobachtung.de. 2022. Entwicklung des Wohnungsbestands — Wohnungsmarktbeobachtung. [online] Available at: <https://www.wohnungsmarktbeobachtung.de/wissensdatenbank/indikatoren/wohnungsangebot/wohnungsbestand> [Accessed 15 February 2022].