

Objektbasierte Einzelbaumdetektion in urbanen Gebieten auf Grundlage von Orthophotos aus OpenData

1) Hintergrund

Die fortschreitende Urbanisierung und der Klimawandel verschärfen die Herausforderungen für eine **klimaresiliente Stadtentwicklung**. Insbesondere städtische **Wärmeinseln** und zunehmende **Extremwetterereignisse** wie Hitzewellen und Starkregen erfordern aktuelle Daten über die grüne Infrastruktur einer Stadt [1,2]. Vor allem urbane Bäume erbringen essenzielle Ökosystemleistungen – sie spenden Schatten, regulieren das **Mikroklima**, verringern **Oberflächentemperaturen**, verbessern die **Luftqualität** und entlasten bei Starkregen die Kanalisation [3]. Damit diese positiven Effekte gezielt in die strategische Stadtplanung integriert werden können, ist eine aktuelle und umfassende **Bestandsaufnahme aller Bäume** im Planungsgebiet notwendig.

Traditionelle Verfahren zur Erfassung des Baumbestands, etwa **manuelle Vermessung und schriftliche Dokumentation**, sind äußerst zeit- und personalintensiv. Besonders bei großflächigen Erhebungen führt der hohe Personalaufwand zu erheblichen Kosten. Häufig mangelt es zudem an Vollständigkeit und Aktualität: Erfasst werden meist nur öffentlich zugängliche Bäume, während **Bestände in Gärten oder Innenhöfen unberücksichtigt** bleiben. Aktualisierungen erfolgen selten, sodass Datensätze entstehen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurden und daher **weder einheitlich noch aktuell** sind.

2) Methodik

Um aktuelle, vollständige und räumlich konsistente Bestandsdaten für die städtebauliche Planung bereitzustellen, wurde in dieser wissenschaftlichen Arbeit ein **Workflow zur objektbasierten Detektion von Einzelbäumen** auf Basis moderner Deep-Learning-Methoden entwickelt. Eingesetzt wurden echtzeitfähige Objekterkennungsarchitekturen, die Bilddaten im Millisekundenbereich verarbeiten und sich somit besonders für **großflächige Analysen urbaner Räume** eignen.

Als Datengrundlage dienten OpenData-Produkte des Landesamts für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) wie RGB-Orthophotos mit 20cm Bodenauflösung und ergänzende Höhendaten. Um die **Vielfalt städtischer Strukturen** abzubilden, erfolgte die gezielte Auswahl von Trainingsbeispielen anhand des europäischen Urban Atlas. So konnten typische urbane Stadtstrukturen, darunter dicht bebaute Innenstädte, Wohngebiete mittlerer Dichte sowie Gewerbe- und Verkehrsinfrastrukturen, systematisch in den Trainingsdatensatz integriert werden. Insgesamt

wurden rund **38'000 Einzelbäume** zunächst **manuell und anschließend halbautomatisch annotiert**, um eine hochwertige und repräsentative Datenbasis zu schaffen.

Zur **Untersuchung der Übertragbarkeit** wurden die Modelle auf die Städte Augsburg und München trainiert, anschließend auf der Stadt Regensburg optimiert und schließlich auf die Städte Nürnberg und Ingolstadt angewendet (siehe Abb. 1). Dieser experimentelle **Aufbau bildet den praktischen Einsatz realistisch ab** und erlaubt eine unabhängige Überprüfung der Übertragbarkeit auf andere Städte.

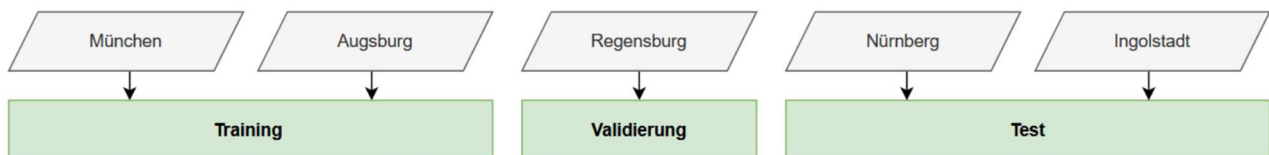


Abb. 1: Aufteilung der Datensätze zur Überprüfung der Übertragbarkeit

3) Ergebnisse

Die **besten Ergebnisse** wurden in **stark versiegelten Innenstadtbereichen** erzielt (Bodenversiegelung > 80 %). Solche Gebiete sind durch klar strukturierte Straßenräume geprägt, in denen Bäume meist einzeln entlang von Straßenachsen stehen und deren Kronen nur wenig überlappen (Abb. 2). Unter diesen Bedingungen kann das Modell Einzelbäume sehr präzise erkennen und zuverlässig voneinander unterscheiden. Herausfordernder sind hingegen Wohngebiete mit mittlerer Bebauungsdichte (Bodenversiegelung 30–50 %), in denen Bäume häufig in Gruppen auftreten, dichter stehen oder teilweise geschlossene Kronendächer bilden. Diese komplexen Strukturen erschweren die Trennung einzelner Kronen, sodass **in Baumgruppen schwächere Ergebnisse** erzielt wurden. Neben der hohen Erkennungsqualität zeigt auch die **hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit** die Praxistauglichkeit des Ansatzes: Die durchschnittliche Rechenzeit liegt bei rund **32 Sekunden pro Quadratkilometer**, womit sich große Stadtgebiete in sehr kurzer Zeit automatisiert analysieren lassen. Eine Vorhersage auf dem Verwaltungsgebiet München (310 km²) würde 2,75 Stunden benötigen.

4) Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass eine **schnelle, verlässliche und großflächige Erfassung von Baumstandorten aus frei verfügbaren Geodaten** des LDBV möglich ist. Durch die Erweiterung des Datensatzes auf ebenfalls frei verfügbare Farbinfrarotbilder (DOP20-CIR) und Laserdaten,

sowie die Verwendung räumlich noch höher aufgelöster Orthophotos könnte die Genauigkeit künftig weiter gesteigert werden. Aufgrund der geringen Rechenzeit könnte sich die Methode besonders für die **regelmäßige Aktualisierung kommunaler Baumkataster** und die datenbasierte **Identifikation potenzieller Pflanzstandorte** eignen.

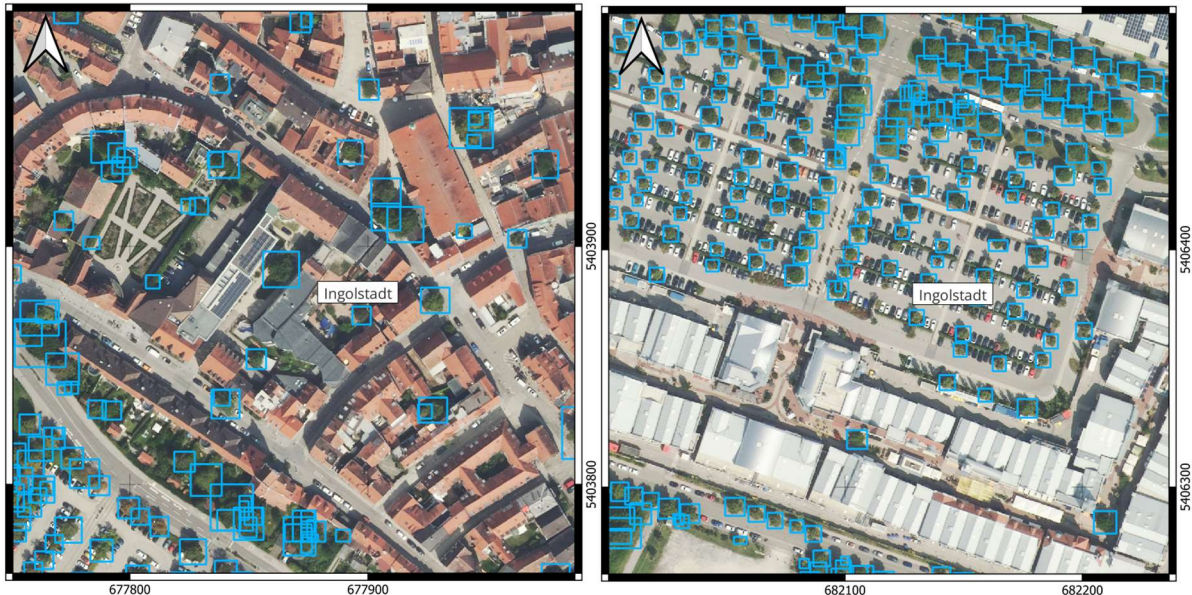


Abb. 2: Detektionsergebnisse auf Orthophotos der Stadt Ingolstadt
links: ein Bereich der Innenstadt; rechts: Kundenparkplatz eines großen Outlets

Quellen:

- [1] García de León, A. S.; Leichtle, T.; Ullmann, T.; Castañeda-Gómez, A.; Rötzer, T.; Karges, N.; Martin, K.; Taubenböck, H. (2025): The Relation of Land Surface Temperature and Trees across Different Urban Land Use Classes based on Remote Sensing. In: Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). DOI: [10.1109/JURSE60372.2025.11076043](https://doi.org/10.1109/JURSE60372.2025.11076043)
- [2] Ribeiro, A. P.; Bollmann, H. A.; de Oliveira, A.; Rakauskas, F.; Cortese, T. T. P.; Rodrigues, M. S. C.; Quaresma, C. C.; Ferreira, M. L. (2021): The role of tree landscape to reduce effects of urban heat islands: a study in two Brazilian cities. In: *Trees*, **37**(4), S. 17–30.
 DOI: [10.1007/s00468-021-02230-8](https://doi.org/10.1007/s00468-021-02230-8)
- [3] Pauleit, S.; Zölch, T.; Reischl, A.; Rahman, M.; Rötzer, T. (2019): Cool durch grüne Infrastruktur: Die Potenziale des Stadtgrüns zur städtischen Klimawandelanpassung. In: *Transforming Cities*, Nr. 3, S. 60–65.