

Darstellung der Grün- und Versiegelungsklassifizierung für das Jahr 2022 der Stadt Zürich. Wald gehört der Klasse „hohe Vegetation“ an.

Klimaanpassungsmaßnahmen mit KI-Methoden entwickeln – Städte bereiten sich auf Klimaveränderungen vor

Die Klimaveränderungen und die damit verbundenen zunehmenden Extremwetterereignisse machen eine Anpassung der urbanen Siedlungsräume zwingend notwendig, um auch zukünftig noch gut und gefahrlos in ihnen leben zu können. Die Stadt Zürich testet eine neue Methode zur Klassifizierung von Oberflächen. Im Stadtgebiet Zürich haben von 2018 bis 2022 die unversiegelten Flächen um knapp 0,7 %, das Grünvolumen hat gleichzeitig um 4,5 % abgenommen. Wie werden diese Aussagen ermittelt und was sagen sie hinsichtlich Klimaanpassung aus?

Autoren: Dr. Dorothea Ludwig, Luca Tomhave, Ann Kathrin Rein und Selina Lepori

Ein hohes Maß an Versiegelung führt zum Aufheizen des lokalen Siedlungsraums; Aufenthaltsräume sind starker Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Ohne Schatten sind diese zeitweise nicht mehr nutzbar. Zudem verursacht großflächige Versiegelung ein schnelles Ansammeln und Abfließen von Niederschlagswasser und birgt Hochwassergefahren.

Welche Grün- und Versiegelungsstrukturen bedecken wo unser Stadtgebiet, welches Grün- und Bebauungsvolumen strukturiert unseren Siedlungsraum und welche Veränderungen an versiegelter und Grünfläche gab es in den vergangenen Jahren?

Um die Fragen beantworten zu können, braucht es intelligente, KI-gestützte GIS-Algorithmen, die flächendeckend, kleinräumig und differenziert den Ist-Zustand des Stadtgebiets erfassen und verschiedenste darauf aufbauende Auswertungen zulassen.

Neben der Ist-Zustandserfassung interessierte vor allem die Dynamik der Veränderung, also eine Veränderungsanalyse, auch Change Detection genannt.

Die Stadt Zürich prüft eine neue Erhebungsmethode

Die Stadt Zürich beauftragte die IP Syscon GmbH für die Analyse der Grün- und Versiegelungsklassifizierung für die Jahre 2018 und 2022, eine Change Detection sowie die Berechnung des Grün- und Bebauungsvolumens.

Die Ergebnisdaten und Aussagen aus diesen Analysen werden nun in verschiedenen Departementen der Stadt Zürich gesichtet und mögliche Anwendungen diskutiert und geprüft. Neben der für das Projekt verantwortlichen Dienstabteilung Umwelt- und Gesundheitsschutz (UGZ) sind die Daten vor allem auch für die Dienstabteilung Grün Stadt Zürich wegen der Stadtbegrünung sowie für den Tiefbau und die Entsorgung, zuständig für die Entwässerung im Stadtgebiet, von Interesse.

Der „Machine Learning“-Ansatz liefert hohe Genauigkeiten

Für die Stadt Zürich ist die Erhebung der Grünstrukturen und Versiegelungsarten mit einem Machine-Learning-Ansatz weitestgehend automatisiert ermittelt worden. Mit einer

hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit und hoher Genauigkeit wurden die Oberflächen in 15 Objektklassen (z. B. Rasengitter, Betonfläche, Gebäude schwach begrünt oder niedrige Vegetation) unterteilt. Diese Identifizierung von Oberflächenklassen geschah im letzten Jahr anhand digitaler Orthophotos inklusive NIR-Informationen, digitaler Gelände- und Oberflächenmodelle sowie weiterer Geo(fach)daten aus den Jahren 2018 und 2022. Die Analyse wurde mit einer Auflösung von 0,2 m und in der Weiterverarbeitung in 0,5 m durchgeführt.

Für die Grün- und Versiegelungsklassifizierung kommt das objektbasierte Verfahren Random Forest zum Einsatz. Aufgrund der stark heterogenen Oberflächenbedeckung in städtischen Gebieten führen objektbasierte Bildanalysen im Vergleich zu pixelbasierten Verfahren zu weniger Problemen. Die menschliche Wahrnehmung von Kompaktheit, Formen, Texturen, Mustern und räumlichen Zusammenhängen der realen Welt bildet die Grundlage für die Entwicklung eines objektbasierten Analyseansatzes. Durch die Segmentierung werden Objekte der Erdoberfläche realitätsnah dargestellt, indem benachbarte Pixel mit ähnlichen Merkmalen zu Segmenten unterschiedlicher Größe zusammengefasst werden.

Diese Segmente können nun mithilfe von Trainingsgebieten mit dem Klassifikationsverfahren Random Forest klassifiziert werden. Dabei werden sowohl die spektralen als auch die räumlichen Informationen der zugrunde liegenden Daten berücksichtigt.

Der typische Ablauf einer objektbasierten Analyse umfasst die Schritte:

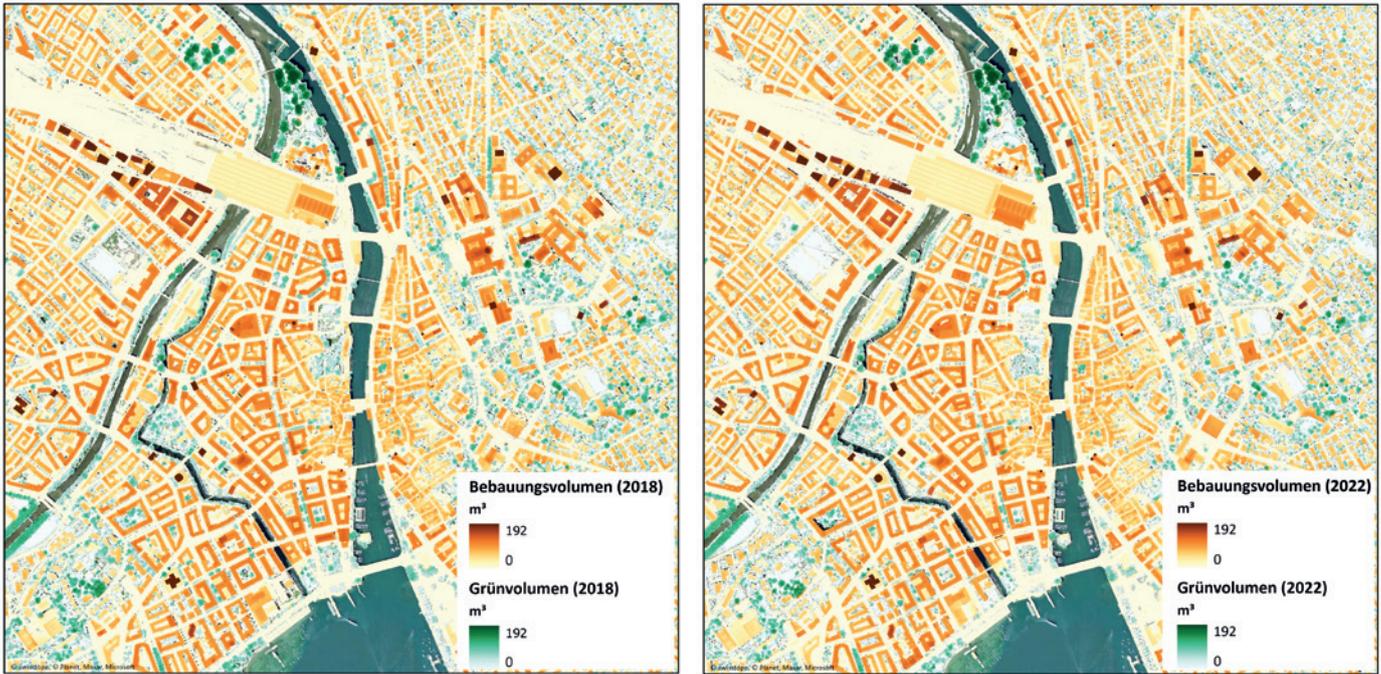
- Selektion der Trainingsgebiete über Testdaten,
- Segmentierung,
- Training des Random-Forest-Klassifikators,
- Durchführung der Klassifizierung und Evaluierung des Klassifizierungsergebnisses.

Die Erstellung und Auswahl der verwendeten Trainings- und Testdaten erfolgte über die Auswertung diverser verfügbarer Referenzdaten. Der Klassifizierungsprozess wird mithilfe eines Klassifikators durchgeführt. Durch das Machine Learning (ML) können künstlich intelligente Systeme aus den Trainingsgebieten und Segmenten eigenständig Gesetzmäßigkeiten erlernen, um diese anschließend zur Klassifizierung weiterer Objekte zu nutzen.

Die nach Klassifizierung durchzuführende Reklassifizierung ergibt sich trotz einer bereits evaluierbaren hohen Genauig-



Veränderungsanalyse von 2018 zu 2022 (ohne gebäudebezogene Objektklassen)



Darstellung des Grün- und Bauungsvolumens 2018 und 2022 für das Stadtzentrum Zürich

keit der Klassifizierungsergebnisse aufgrund z.B. spektraler Heterogenität der städtischen Oberflächen, der teilweise bestehenden Differenzen in der Qualität der Orthophotos sowie der Verknüpfung verschiedenster Geodaten unterschiedlicher räumlicher Auflösungen.

Abschließend zeigt eine Evaluation der Ergebnisse über Referenzdaten, mit welcher Genauigkeit die Klassifizierung gelungen ist und die Oberflächenklassen korrekt identifiziert werden konnten. Der Anspruch liegt hier bei einer Genauigkeit von mindestens 80 Prozent. Mit 89 Prozent Genauigkeit der Klassifizierung der Daten aus 2018 und 90 Prozent Genauigkeit mit Daten aus 2022 konnte für die Stadt Zürich ein sehr genaues Ergebnis generiert werden.

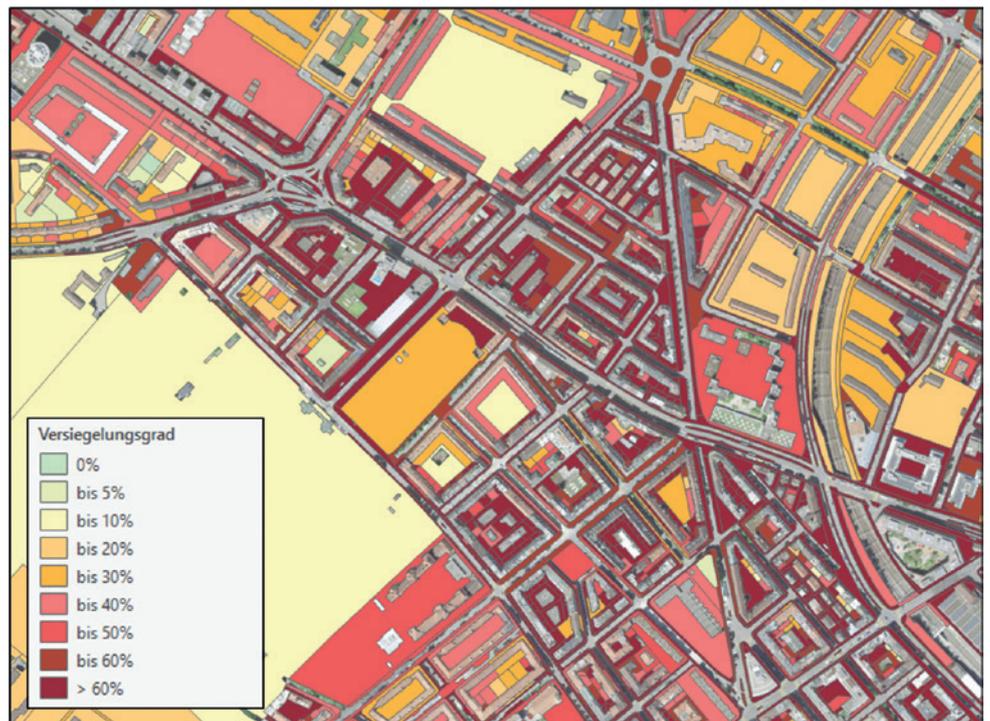
Die Veränderungsanalyse für das Monitoring

Durch eine kategorische Veränderungsanalyse der vorliegenden Objektklassen der Klassifizierungsergebnisse von 2018 und 2022 werden die Bereiche im Stadtgebiet ermittelt, deren Objektklassen sich im zeitlichen Verlauf geändert haben. Hierbei werden die Pixelunterschiede zwischen den

Rasterbildern von 2018 und 2022 berechnet und ein neues Raster mit den Informationen zur Objektklassenveränderung erstellt. Jedem Pixel (Auflösung: 0,2 m) wird die Information hinterlegt, welche Objektklasse dem Pixel im Jahr 2018 zugeordnet wurde und welche Objektklasse im Jahr 2022 identifiziert wurde.

Das Grünvolumen hat eine besondere Indikatorbedeutung

Das Grünvolumen hat in Verbindung mit der Bauungs- und Einwohnerdichte eine besondere Bedeutung als Indikator für den Naturhaushalt und die Lebensqualität der städtischen Bevölkerung. Die klimaregulierende Wirkung städti-



Ergebnis des Versiegelungsgrads als ein Parameter für die Berechnung des Entsiegelungspotenzials

scher Grünflächen ist dabei nicht ausschließlich von ihrer Größe, sondern insbesondere auch von Art und Dichte der Vegetation, der Bodenbeschaffenheit und den lokalen klimatischen Gegebenheiten in der urbanen Umgebung abhängig. Das Grünvolumen einer Fläche kann demzufolge hilfreiche Informationen zu ihrer klimaregulierenden Wirkung liefern, da es unmittelbar mit der Ausprägung der Vegetation und den damit verbundenen ökologischen Prozessen zusammenhängt.

Wo befindet sich ein hohes theoretisches Entsiegelungspotenzial?

Die Analysen zur Ableitung eines theoretischen Entsiegelungspotenzials sind als mögliche weitere Anwendung zu verstehen. Sie orientierten sich im vorliegenden Fall nicht an den maßgeblichen planerischen Grundlagen der Stadt Zürich, weshalb die Resultate rein illustrativer Natur sind. Die Überlagerung des Versiegelungsgrads mit Daten zur Überwärmung gibt z. B. Hinweise, wo ein Handlungsbedarf besteht. Der Verschnitt mit den Eigentumsverhältnissen wiederum zeigt, bei welchen Flächen die Stadt handeln kann und bei welchen Flächen private Eigentümerschaften motiviert werden müssten.

Welche Veränderungen in den Oberflächen konnten erhoben werden?

Das Gebiet der Stadt Zürich besteht zu rund 70 Prozent aus unversiegelten Oberflächen inklusive Wasser- und Waldflächen. Vom Jahr 2018 bis zum Jahr 2022 nahm der unversiegelte Anteil um 0,68 Prozent ab.

Betrachtet man die Veränderungen innerhalb der einzelnen Stadtkreise, so zeigt sich ein sehr viel differenzierteres Bild. In manchen Stadtkreisen gibt es eine Versiegelungsfläche von fast 80 Prozent, wohingegen andere Stadtkreise nur 30 Prozent versiegelte Fläche aufweisen. In fast allen Stadtkreisen ist eine Tendenz von unversiegelter zu versiegelter Fläche zu erkennen. Die Spanne reicht von 0,14 Prozent bis zu 2,46 Prozent Veränderung. Demgegenüber wurden nur in



Ergebnis des Entsiegelungspotenzials pro Liegenschaft

wenigen Stadtkreisen Flächen im Umfang von 0,24 Prozent – 1,4 Prozent entsiegelt.

Die KI-gestützte Auswertung von hochauflösenden Fernerkundungsdaten macht es möglich. Die differenzierten Ergebnisse der Ist-Situation der Oberflächenbedeckung, des Grün- und Bebauungsvolumens sowie die Ergebnisse aus der Change Detection für die Stadt Zürich liefern grundlegende Informationen für die Entwicklung von Handlungsstrategien zur Anpassung der Stadt an die prognostizierten Klimaveränderungen.

Kontakt:

Dr. Dorothea Ludwig
 Luca Tomhave
 Ann Kathrin Rein
 IP Syscon GmbH
 I: www.ipsyscon.de

Selina Lepori
 Stadt Zürich
 Umwelt- und Gesundheitsschutz
 Messung Luftqualität
 I: www.stadt-zuerich.ch/ugz