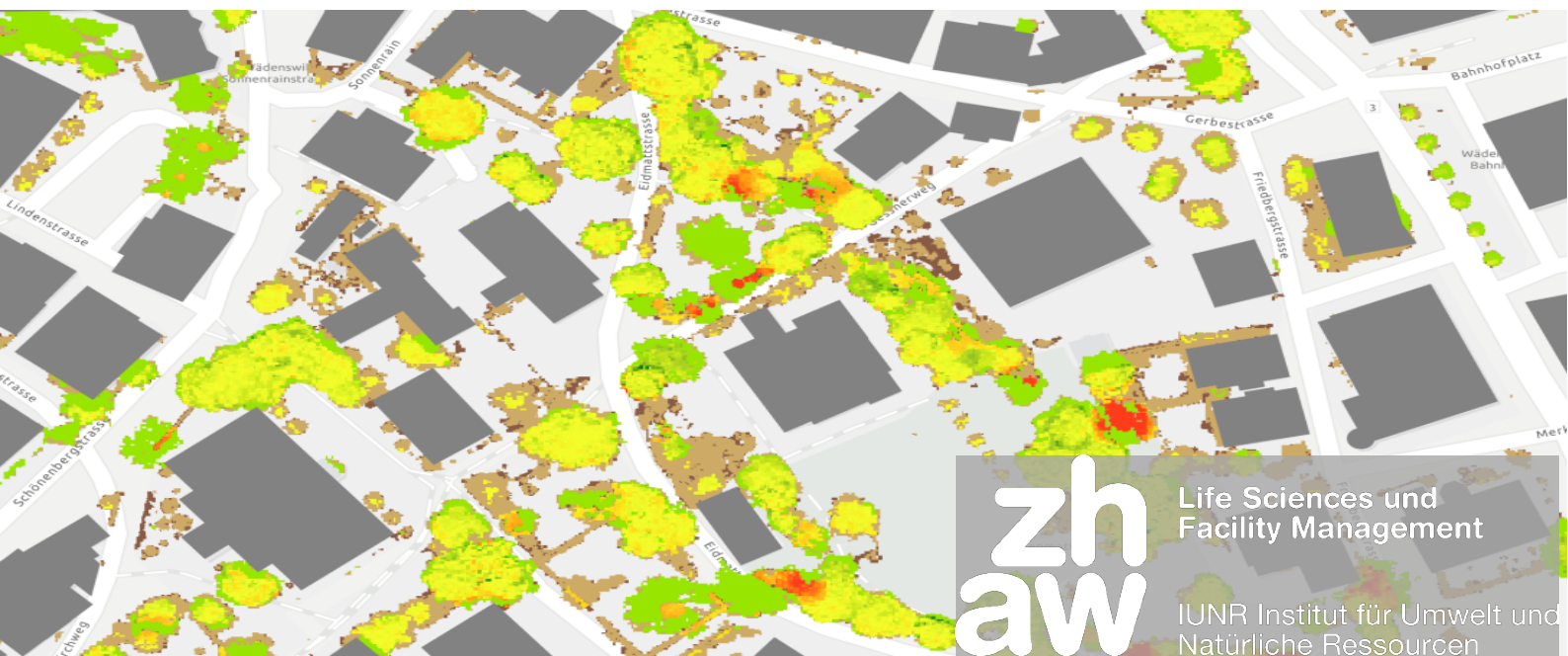




Vegetationsmonitoring aus Fernerkundungsdaten in Wädenswil

Zusammenfassung der Ergebnisse

Der vorliegende Bericht wurde von der ZHAW im Auftrag der Stadt Wädenswil erarbeitet.

Folgende Personen waren an den Arbeiten im Projektteam beteiligt:

ZHAW
Johann Junghardt
Tobias Wildhaber
Dominic Lüönd

Stadt Wädenswil
Markus Hohl
Bettina Weibel

Herausgeber ZHAW, Au 2024

Zusammenfassung

Die vorliegende Analyse zeigt, wie frei verfügbare Geodaten in der Schweiz genutzt werden können, um Vegetationszustände und -entwicklungen auf regionaler Ebene zu untersuchen und nutzbar zu machen. Neben den historischen zweidimensionalen Luftbilddaten, die anhand von Vegetationsindizes ausgewertet werden können, bieten die 3D-Punktwolken der nationalen oder kantonalen Laserscanning-Befliegungen die Möglichkeit, Vegetationsstrukturen sowohl im öffentlichen als auch im privaten Raum zu erfassen und über die Zeit zu vergleichen. Neben der Anzahl Bäume können auch die Baumeigenschaften wie Wuchshöhe und Kronendeckung bzw. -durchmesser erfasst und ausgewertet werden. So können Grünraumentwicklungen auf Gemeindeebene ganzheitlich erfasst und ohne Feldbegehungen grossräumlich über einen langen Zeitraum untersucht werden. Dabei lassen sich statistische Aussagen über grosse Areale treffen, aber auch kleinräumige Quartiersentwicklungen "baumgenau" erfassen und herausragende Entwicklungen ("Hotspots") ausweisen. Mit einer solchen Auswertung steht öffentlichen Stellen eine objektive Methode zur Verfügung, um die ganzheitliche Aufnahme von Vegetationsstrukturen auf Gemeindeebene zu quantifizieren und in planerische und öffentlichkeitswirksame Massnahmen zu integrieren.

Für die Gemeinde Wädenswil im Speziellen lässt sich festhalten, dass einerseits der Anteil an Grünraum über den Verlauf von 12 Jahren beinahe gleichgeblieben ist. Die Auswertung der höhenbezogenen Vegetation zeichnet allerdings ein anderes Bild. Hier zeigen sich deutliche Unterschiede in der zeitlichen Dynamik (Abnahme um 13.8% zwischen 2010 und 2022 für die Vegetation >1m) und auch in den Höhenklassen: In nur vier Jahren hat sich die bodenbedeckende Vegetation (<1m) um die Hälfte reduziert, Bäume (5-30m) haben um 12.2% und Bäume über 50m um 8% abgenommen. Die Auswertung des Baummonitorings hat ergeben, dass die Anzahl der Bäume um 29% abgenommen, die gesamte von Bäumen bestandene Fläche allerdings zugenommen hat. Dies ist vor allem dahingehend von Interesse das ca. 80% des Baumbestandes auf privatem Gelände steht, sodass effiziente planerische Massnahmen dementsprechend gedacht werden müssen.

Motivation- Vegetationsveränderung im städtischen Raum

Die Auswirkungen des Klimawandels machen auch vor den Städten in der Schweiz nicht halt. Steigende Temperaturen, veränderte Niederschlagsmuster und häufigere Extremwetterereignisse beeinflussen zunehmend das städtische Klima. Diese Veränderungen führen zu vermehrten Hitzewellen und längeren Trockenperioden, was die Vegetation in den Städten stark beansprucht und die Lebensqualität beeinträchtigt. Kleine und grosse Städte erleben bereits diese klimatischen Veränderungen und stehen vor der Herausforderung, planerischen und organisatorischen Instrumente und Prozesse an die neuen Bedingungen anzupassen.

Besonders betroffen sind die sogenannten Wärmeinseln, die durch dichte Bebauung und versiegelte Flächen entstehen und die Temperaturen lokal weiter erhöhen.

Die traditionelle Stadtbepflanzung, oft auf gemässigttes Klima ausgelegt, gerät durch diese Entwicklungen an ihre Grenzen. Trockene und heisse Sommer strapazieren viele Pflanzenarten, während andere, die an trockenere und heissere Bedingungen angepasst sind, besser gedeihen. Gleichzeitig stehen die bestehenden Grünräume durch die Innenverdichtung unter Druck. Dieser Wandel erfordert eine Anpassung der urbanen Begrünungsstrategien.

Um die Vegetationsveränderungen und ihre Ursachen besser zu verstehen und gezielt darauf reagieren zu können, ist eine Erfassung und ein kontinuierliches Monitoring des Vegetationsbestandes und dessen Dynamik erforderlich. Um fundierte Entscheidungen treffen zu können, ist es nötig, den Status Quo des momentanen Vegetationsbestandes aufzunehmen und die historische und zukünftige Entwicklung der Vegetation zu untersuchen bzw. zu planen.

Durch ein systematisches Monitoring und die Implementierung entsprechender Massnahmen können Städte widerstandsfähiger gegen die Folgen des Klimawandels gemacht werden. Dabei ist die Zusammenarbeit von Stadtverwaltungen, Wissenschaftlern und der Zivilgesellschaft entscheidend.

Vegetationsbedeckung im städtischen Raum gewinnt angesichts der klimatischen Veränderungen immer mehr an Bedeutung. Frei verfügbare Fernerkundungsdaten, insbesondere aus Luftbildaufnahmen und Drohnenaufnahmen, bieten hierbei wertvolle Informationen. Diese Technologien ermöglichen es, grossflächige und detaillierte Beobachtungen der Vegetation über längere Zeiträume durchzuführen und somit Veränderungen präzise zu dokumentieren.

Die Schweiz verfügt über eine fortschrittliche Geodateninfrastruktur, die eine wesentliche Grundlage für das Monitoring und die Planung urbaner Grünräume bietet. Die nationale Geodateninfrastruktur (GDI) und das Geoportal der Schweiz (geo.admin.ch) sowie die kantonalen Geodatenportale (z.B. geo.zh.ch) bieten Zugang zu einer Vielzahl von geografischen Daten und

Fernerkundungsinformationen. Diese Plattformen ermöglichen es Verwaltungen und Forschern, präzise und aktuelle Daten zu nutzen, um Veränderungen der Vegetationsbedeckung zu analysieren und fundierte Entscheidungen für die Grünraumplanung und -entwicklung zu treffen. Die Integration solcher Geodaten in die städtische Planung fördert eine nachhaltige und klimafreundliche Stadtentwicklung. Hochauflösende fernerkundliche Daten bieten sich als Ergänzung zu den bestehenden Geodatenprodukten wie dem topographischen Landesmodell (SwissTLM) oder der amtlichen Vermessung an, da diese besonders im städtischen Raum nicht den gleichen hochauflösenden Detailgrad aufzeigen. Besonders der Bestand und die Veränderung der Begrünung bzw. des Versiegelungsgrades ist in den etablierten Geodatenmodellen wenig berücksichtigt.

Auf Grundlage dessen hat die Stadt Wädenswil in Kooperation mit der ZHAW eine Studie in Auftrag gegeben, die anhand bestehender Fernerkundungsdaten den momentanen Zustand als auch die Entwicklung der Vegetation auf dem Gemeindegebiet seit 2010 untersucht. Dabei wurde die vegetationsbestandene Fläche anhand von multispektralen Luftbildaufnahmen kartiert und kategorisiert und der Baumbestand anhand von dreidimensionalen Höhendaten in Form von Punktwolken erhoben und untersucht.

Methodik- Von Bildern und Punkten zu Pflanzen und Bäumen

Im Rahmen der Vegetationskartierung wurde auf die Dateninventare des Kanton Zürichs und des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo zurückgegriffen die sowohl multispektrale, räumlich hochauflösende Luftbilder als auch digitale Höhenmodelle in Form von Punktwolken für die Jahre 2010, 2013, 2016, 2019 und 2022 verfügbar machen.

Die multispektralen Luftbilder bilden neben den für das menschliche Auge sichtbaren Spektralbereichen des roten, blauen und grünen Lichtes auch noch weitere, für das Auge unsichtbare Spektralbereiche des nahinfraroten Spektrums ab. Mit diesen multispektralen Daten können verschiedene Vegetationsindizes erstellt werden, welche Aussagen über das Vorhandensein, den Zustand und die Dichte von Vegetation ermöglichen. Der Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ist ein gängiger Indikator zur Bewertung der Vegetationsdichte und -gesundheit. Dieser wird berechnet aus der Differenz der reflektierten Lichtmengen im nahinfraroten und roten Spektralbereich, geteilt durch ihre Summe und lässt somit vegetationsbestandene Flächen klar detektieren. Durch die Anwendung des NDVI können Vegetationsflächen kartiert und Veränderungen im Zeitverlauf überwacht werden.

Neben den bildbasierten Analysemethoden können digitale Höheninformationen hinzugezogen werden, um Informationen über Vegetationsbestände und -struktur zu untersuchen. Flugzeuggestützte Lasermessungen erstellen dabei Modelle der Erdoberfläche, indem sie die Zeit messen, die ein

Laserimpuls benötigt, um vom Sensor zur Erdoberfläche und zurückzugelangen. Diese Zeitmessungen werden in Entfernungen umgerechnet und ermöglichen die Erstellung von dreidimensionalen Punktwolken (LiDaR Punktwolken). In diesen hochaufgelösten Punktwolken können anhand spezialisierter Algorithmen Bäume identifiziert werden und ihre Charakteristika wie Höhe, Kronendurchmesser und -fläche berechnet werden.

In Tabelle 1 sind alle relevanten Fernerkundungs- und Geodaten aufgeführt, die in dieser Studie Verwendung finden.

Tabelle 1 Verwendete Fernerkundungsdatensätze

Daten	Beschreibung	Jahre	Auflösung	Anwendung	Quelle
Multispektrale Bilddaten	SWISSIMAGE RS setzt sich aus orthorektifizierten Bildstreifen zusammen und enthält Informationen zu den Spektralbereichen Nahes Infrarot, Rot, Grün und Blau.	06/2010 05/2013 06/2016 03/2019 05/2022	0.25m 0.25m 0.25m 0.25m 0.25m	Vegetations-index	Swisstopo
Vegetationshöhenmodell des Kantons ZH	Das Vegetationshöhenmodell entsteht aus der Differenz von Digitalem Oberflächenmodell und Digitalem Terrainmodell auf vegetationsbestandenen Flächen. Es bildet die Vegetationshöhen ab.	2014 2018 2022	0.5m 0.5m 0.25m	Vegetationshöhe	Kanton Zürich
LIDAR Laserscanning Punktwolke	Zeigt die Erdoberfläche mit allen beständigen und sichtbaren Kunstbauten in Form einer Punktwolke.	2022	1:1000	Baumbestand	Kanton Zürich
Bau & Zonenordnung Wädenswil	Dieser Datensatz beinhaltet die verschiedenen Zonen im Wädenswil.	2022		Vegetations-index / Vegetationshöhe	OEREB Kataster

Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Analyse der zeitlichen Veränderungen der städtischen Vegetation in Wädenswil zwischen den Jahren 2010 und 2022. Hierbei werden verschiedene Vegetationsparameter, darunter der Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), die Vegetationshöhe und die Anzahl der Bäume, herangezogen, um eine detaillierte Charakterisierung der Vegetationsentwicklung in Wädenswil zu ermöglichen. Sowohl die Gesamtentwicklung als auch die Veränderungen in den verschiedenen Nutzungsgebieten der Stadt werden untersucht. Diese Analysen sollen wertvolle Erkenntnisse für die Förderung der nachhaltigen Entwicklung von Wädenswil bereitstellen. Der Untersuchungsperimeter umfasst die gemäss der Bau & Zonenordnung als Bauzonen ausgewiesenen Flächen der Gemeinde Wädenswil.

Resultate – Vegetationsbedeckung

Aus den multispektralen Luftbilddaten des Swissimage RS wurde für die Jahre 2010, 2013, 2016, 2019 und 2022 jeweils der NDVI erstellt, um vegetationsbestandene Bereiche zu kartieren. Der Vergleich der Vegetationsflächen zeigt so die räumliche Veränderung innerhalb des Stadtgebietes auf. Abbildung 1 zeigt die maximale Veränderung im Beobachtungszeitraum zwischen 2010 und 2022.

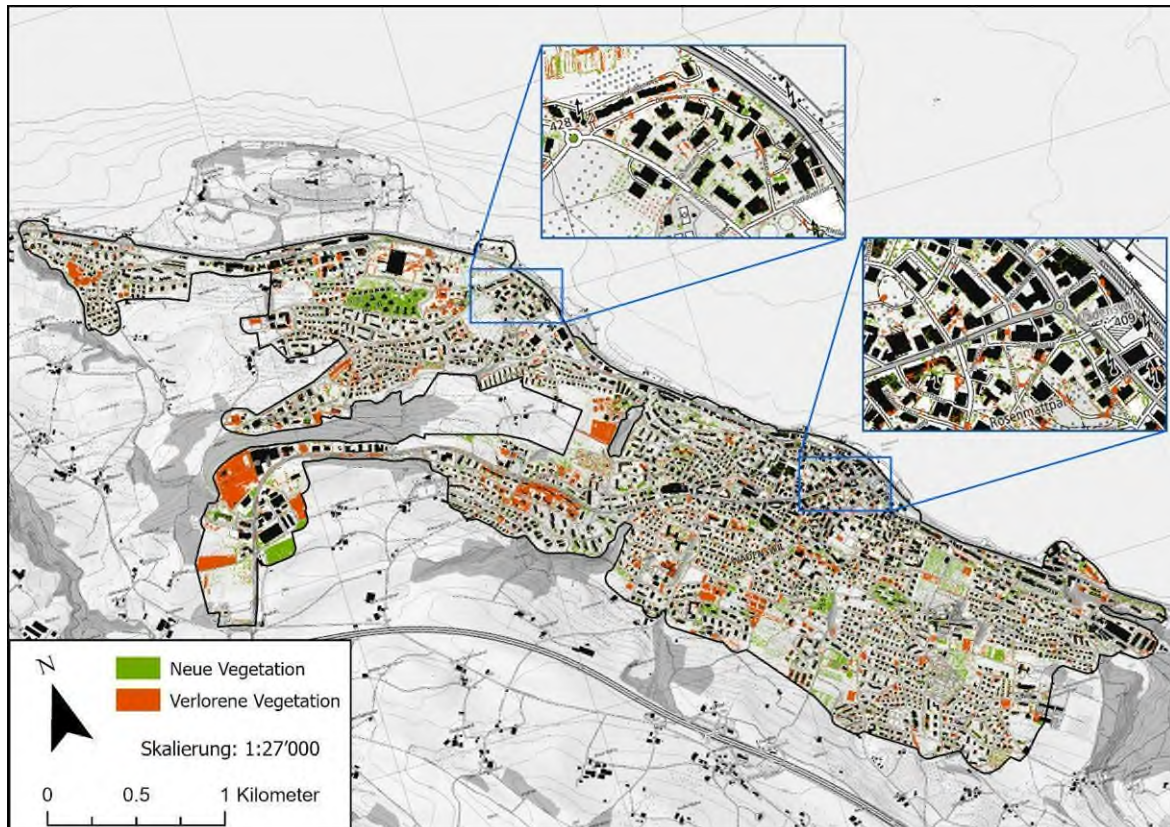


Abb. 1 Vegetationsdynamik in Wädenswil 2010 bis 2022

Grosse Neubaugebiete und Versiegelungsprozesse in der Gemeinde sind genauso erkennbar (z.B. Hangenmoos und Tiefenhof) wie die voranschreitende Begrünung sowohl im privaten als auch im öffentlichen Raum. Betrachtet man die allgemeine Begrünungssituation im Beobachtungszeitraum, so erkennt man, dass die Vegetationsbedeckung in Wädenswil sich im Zeitverlauf leicht verändert hat, erreicht aber im Jahr 2022 (49,6% des Gemeindegebiets) einen ähnlichen Wert (50,3% des Gemeindegebiets) wie im Jahr 2010. Es ist aber durchaus eine starke Dynamik im Stadtgebiet festzustellen. Das Gesamtverhältnis von Vegetation zu versiegelter Fläche bleibt aber mehr oder weniger gleich über den Zeitraum von 12 Jahren. Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Vegetationsbedeckung zwischen allen Jahren. Der Datensatz 2019 wurde im März aufgenommen, während alle anderen in Mai (2013/2022) und Juni (2010/2016) erfasst wurden. Der frühe Zeitpunkt im Jahr 2019 erklärt den Ausschlag der Kurve nach unten, da die Vegetation noch in keinem vergleichbaren phänologischen Zustand war wie in den verbleibenden Jahren.

Da die Luftbildbefliegungen jeweils zu einer unterschiedlichen Tageszeit erfolgt sind, muss erwähnt

werden, dass im städtischen Gebiet der Schattenwurf in der Bildauswertung eine Rolle spielt und daher in der Analyse beschattete Flächen ausgeschlossen wurden. Die prozentualen Aussagen wurden entsprechend um die Schattenflächen korrigiert. Ebenfalls wurden grosse offensichtlich temporäre Veränderungen der Bodenbedeckung wie z.B. Grossbaustellen aus der Analyse ausgeschlossen.

Die hohe räumliche Auflösung der Daten ermöglicht eine detaillierte Betrachtung der Vegetationsentwicklung im städtischen Raum. Abbildung 3 zeigt die Vegetationsdynamik in den verschiedenen Zonen. Die graphische Darstellung zeigt, dass in allen Zonen ähnliche Dynamiken festzustellen sind und die Vegetationsbedeckung mehr oder weniger konstant bleibt. In 12 Jahren ist in

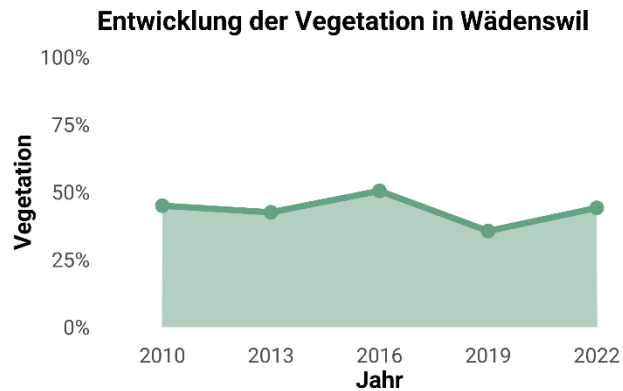


Abb. 2 Entwicklung der Vegetationsbedeckung in Wädenswil zwischen 2010 und 2022.

allen Zonen eine gewisse Dynamik zu beobachten, die durch verschiedene Baumassnahmen und Grünraumentwicklungen zu erklären sind, besonders dynamische Zonen können nicht ausgewiesen werden, anhand derer man besonderen Handlungsbedarf identifizieren könnte.

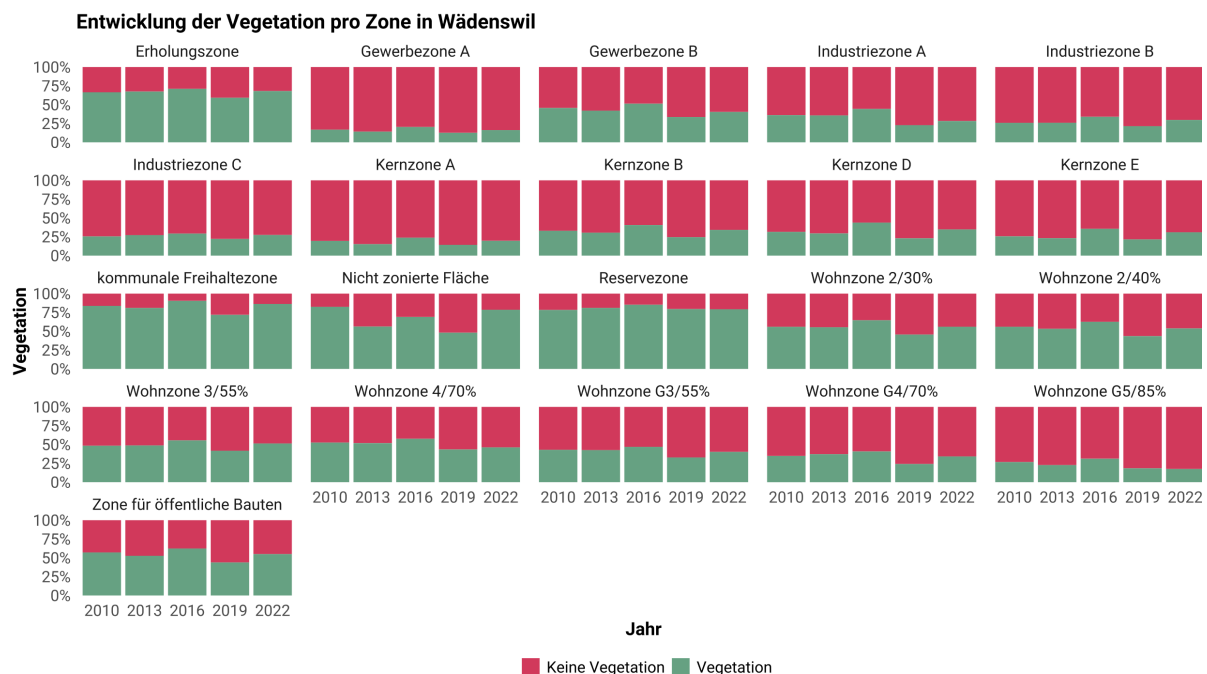


Abb. 3: Vegetationsbedeckung in den einzelnen Gemeindezonen in Wädenswil

Spannend zu betrachten ist auch die Verteilung der Vegetationsflächen bezüglich ihrer Struktur und Entwicklung zwischen den privaten und öffentlichen Flächen. Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Vegetationsflächen zwischen privatem und öffentlichem Grund. Es ist ersichtlich, dass die privaten

Flächen über alle Jahre grüner sind als die öffentlichen. Wobei zu den öffentlichen Flächen auch die Verkehrsinfrastruktur (Strassen, Eisenbahn, öffentliche Parkplätze) und weitere nutzungsgebundene Flächen wie Schulhäuser zählen. Die zeitliche Auflösung zeigt auf, dass (abgesehen von 2019) auch hier der Vegetationsbestand trotz genereller Dynamik ungefähr gleich bleibt.

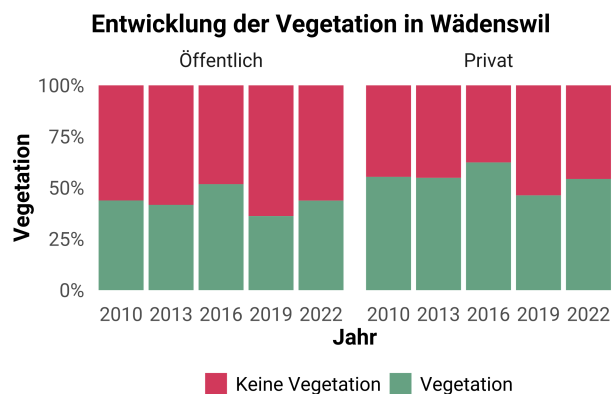


Abb. 4 Vegetationsverteilung zwischen öffentlichen und privaten Grund

Vegetationstypen

Neben den luftbildbasierten Vegetationsanalysen wurden die verfügbaren Vegetationshöhenmodelle des Kanton Zürichs aus den Jahren 2014, 2018 und 2022 ausgewertet, um die Vegetationsflächen entsprechend ihrer Höhe zu kategorisieren. Es wurden dabei 3 (siehe Tabelle 2) bzw 4 (siehe Tabelle 3) Klassen gebildet (Bodendeckend <1m, Strauchschicht <5m, Bäume <30m und grosse Bäume <50m) und auf das Gemeindegebiet angewendet. Da für die Auswertung 2014 nur Daten ab 3m zur Verfügung stehen, kann die Kategorie "bodenbedeckend" nur zwischen 2018 und 2022 berechnet und verglichen werden (Abbildung 5, oben), die Strauchschicht für 2014 wird definiert als Höhenkategorie 3m bis 5m (Abbildung 5, unten). Abbildung 5 zeigt die jährliche Auswertung der Vegetationshöhenklassen anteilig an der gesamten Vegetationsbedeckung. Die Darstellung zeigt den Rückgang in den Jahren 2014, 2018 und 2022. Auffallend ist vor allem die Dynamik in den Jahren 2018 und 2022, die eine Abnahme aller Vegetationskategorien aufzeigt wohingegen der Zeitraum zwischen 2014 und 2018 nur kleine bis gar keine Veränderungen zeigt. Der Anteil von bodendeckender Vegetation (<1m) nahm zwischen 2018 und 2022 etwa um die Hälfte ab. Die Baumschicht mit einer Höhe von 5-30m nahm um 12.2% in den Jahren 2018-2022 ab, wobei sie zwischen 2014 und 2018 wenig geändert hat. Die hohe Vegetation >50m, die allerdings nur einen kleinen Teil des Vegetationsbestandes ausmacht, hatte in 2018 um 3.6% zugenommen und dann im Jahr 2022 um 7.9% abgenommen. Generell ist die Vegetation höher als 1m im Gesamten von 2014 auf 2018 konstant

geblieben, wohingegen sie zwischen 2018 und 2022 um 13.9% abgenommen hat (siehe Abb. 5 & Tabelle 2).

Die räumlich differenzierte Auswertung der Vegetationsveränderung zeigt (Abb. 6) in der kleinräumigen Form, dass viele neue Bereiche mit kleinen Bäumen und Sträuchern (5m-30m) im Stadtgebiet eher konzentriert angelegt wurden bzw. sich entwickelt haben, wohingegen die Abnahme der Vegetationshöhen (grösstenteils als Vegetationsentnahme zu interpretieren) gleichmässig über das gesamte Gemeindegebiet auftritt.

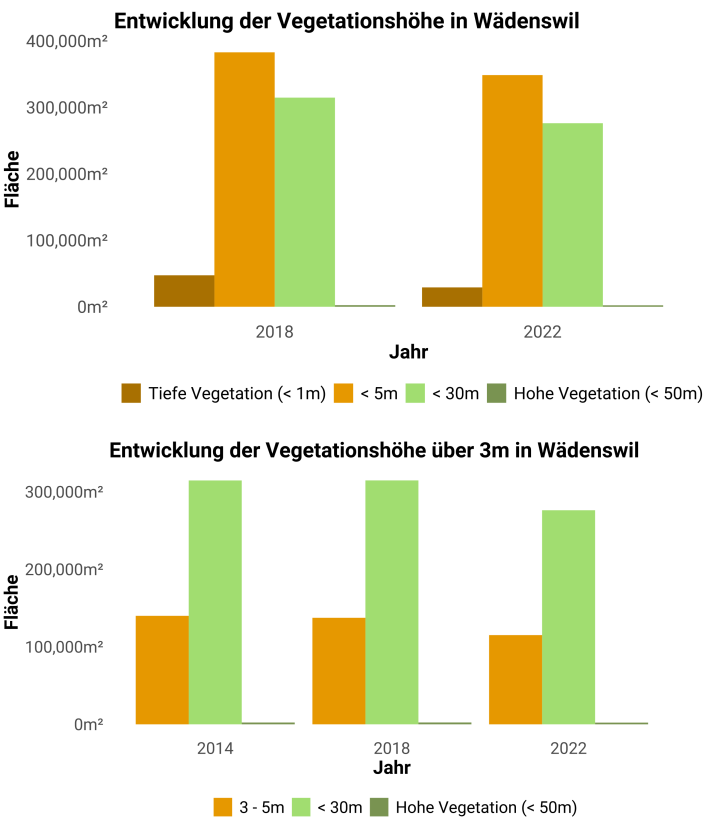


Abb. 5 Entwicklung der Vegetationshöhenklassen in Wädenswil über die Zeit. Die absoluten und relativen Veränderungen sind Tabelle 2 und Tabelle 3 zu entnehmen. Oben 4 Höhenkategorie 2018 – 2022. Unten 3 Kategorien 2018-2022

Tabelle 2: Vegetationsflächenveränderung von 2014, 2018 und 2022 in drei Vegetationskategorien

Vegetations-Kategorie (in m)	Vegetationsfläche 2014 (in m²)	Vegetationsfläche 2018 (in m²)	Vegetationsfläche 2022 (in m²)	Veränderung 2014 - 2018 (in %)	Veränderung 2018 - 2022 (in %)	Veränderung 2014 - 2022 (in %)
3-5	139991	138451	115115	-1.1	-16.9	-17.8
<30	314684	314743	276242	0.0	-12.2	-12.2
<50	2321	2404	2215	3.6	-7.9	-4.6
Gesamt	456996.0	455598.0	393572.0	-0.3	-13.6	-13.9

Tabelle 3: Vegetationsflächenveränderung von 2018 zu 2022 in vier Vegetationshöhenkategorien

Vegetations-Kategorie (in m)	Vegetationsfläche 2018 (in m²)	Vegetationsfläche 2022 (in m²)	Veränderung (in %)
<1	47396	29144	-38.5
<5	382917	348656	-8.9
<30	314743	276242	-12.2
<50	2404	2215	-7.9
Gesamt	747460	656257	-12.2

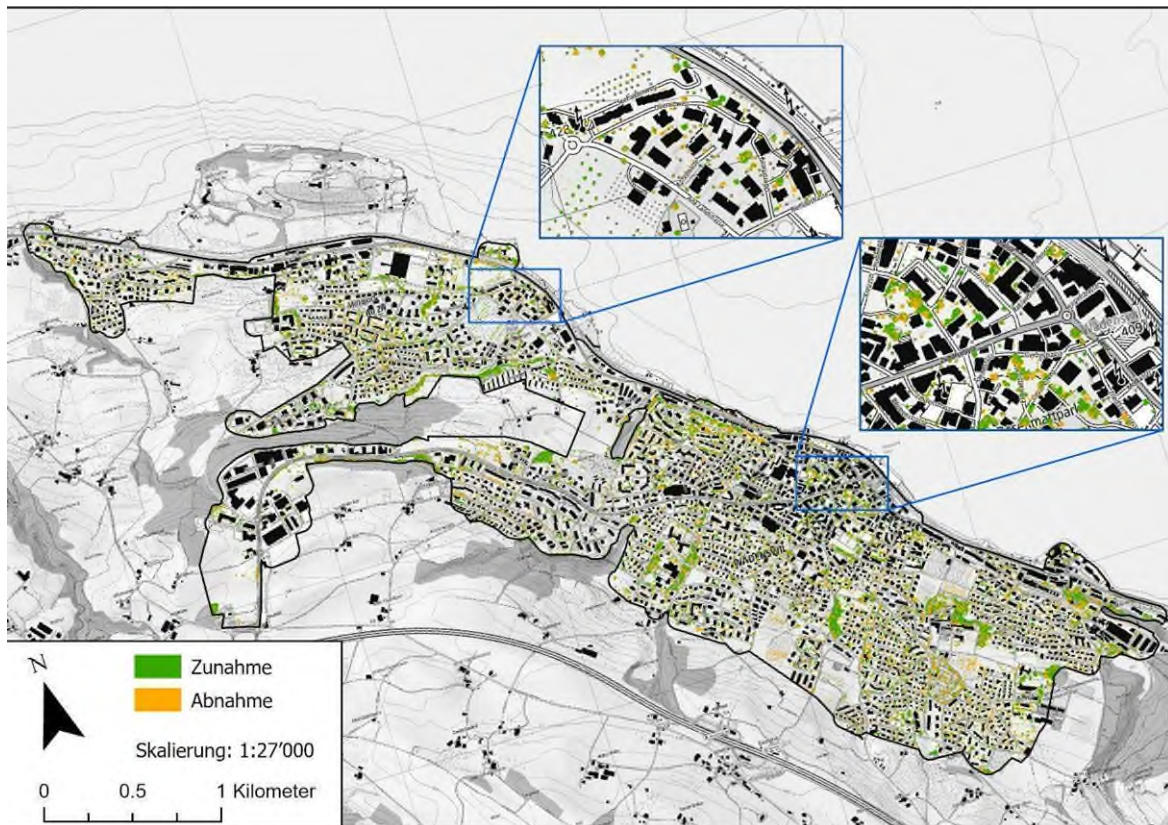


Abb. 6 Vegetationshöhenveränderung in den zusammengefassten Höhenkategorien 3-30m zwischen 2014 - 2022

Baumdetektion

Die modernen, frei verfügbaren Höhenmodelle in Form dreidimensionaler Punktwolken können nicht nur zur flächigen Analyse von Vegetationsbedeckung herangezogen werden. Dank der hohen räumlichen Auflösung der Punktwolken nutzen Detektionsalgorithmen die auffällige 3D-Struktur von Bäumen, um diese in der Punktwolke zu finden und zu beschreiben. Dabei wird in einem ersten Schritt die Vegetationsfläche in der Punktwolke anhand ihrer Reflektanz bestimmt (grüne Flächen bzw. Flächen mit einer hohen Reflektanz im nahen Infrarotbereich, NDVI) um dann in einem zweiten Schritt durch ihre Höhe und spezielle Struktur Bäume zu erkennen (siehe Abb. 7). Dabei können Bäume über eine grosse Fläche «gezählt» und attribuiert werden. Ein solcher Baumdetektionsalgorithmus wurde auf die Gemeinde Wädenswil im Jahr 2022 angewendet, um eine möglichst aktuelle Grundlage für ein Baumkataster automatisch zu erstellen.



Abb. 7 Baumverteilung in Wädenswil

Ein Baumkataster ist ein systematisches Verzeichnis aller (städtischen) Bäume, das detaillierte Informationen wie Standort, Höhe, Baumkrone, Vitalität, Art, Alter und Pflegebedarf der Bäume enthält. Diese Daten sind essenziell, um die urbanen Grünflächen effektiv zu pflegen und strategisch zu planen. Zumindest die morphologischen Parameter Standort, Höhe, Kronendurchmesser und die Unterscheidung in Laub- und Nadelbaum können mithilfe fernerkundlicher Methoden kontaktlos ausgewiesen werden. Besonders im Hinblick auf die Klimaanpassung bieten Baumkataster wertvolle

Erkenntnisse: Sie ermöglichen es, den Schattenwurf von Baumkronen zu analysieren und die Kohlenstoffbindung durch die städtischen Wälder zu quantifizieren. Dadurch können Städte gezielt Massnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas ergreifen, wie etwa die Pflanzung hitzeresistenter Baumarten oder die Erweiterung von Grünflächen in besonders belasteten Gebieten. Baumkataster sind ein wichtiges Planungsinstrument, um Städte widerstandsfähiger gegen die Auswirkungen des Klimawandels zu machen und die Lebensqualität der Bewohner zu erhöhen.



Abb. 8: Einzelbaumdetektion in Wädenswil

In der Vergangenheit wurden schon verschiedene Baumkataster in Schweizer Städten erstellt, die sich allerdings auf den öffentlichen Raum beschränken. Abb. 7 zeigt das generierte Baumkataster auf dem Gemeindegebiet der Stadt Wädenswil. Detektiert wurden Bäume mit einer Mindesthöhe von 5m. Insgesamt wurden in den Daten des Jahres 2022 7634 Bäume erkannt von denen 6115 auf privatem und 1519 auf öffentlichem Grund stehen. Die detektierten Bäume weisen eine durchschnittliche Höhe von 10.74m und einen durchschnittlichen Baumkronendeckung von 54 m² auf. Abb. 8 zeigt, dass zumindest die Werte zur Baumkronenfläche nicht absolut korrekt sind, da Höhenmodell und Bildinformation befliegungs- und sensorbedingt nicht deckungsgleich

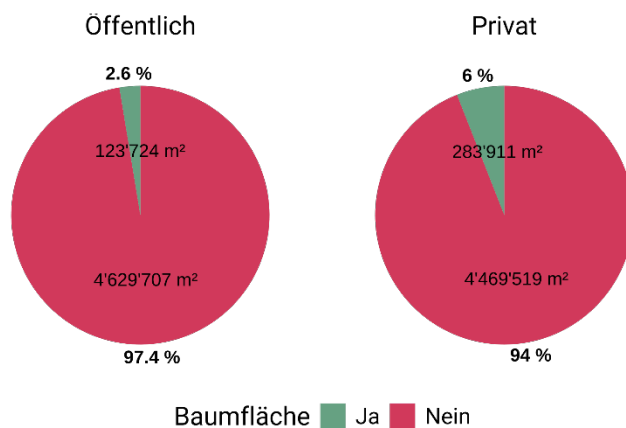


Abb. 9 Baumverteilung im öffentlichen und privaten Raum

sind und auch die lasergestützten Höhenmodelle mit einer inhärenten Ungenauigkeit erstellt werden. Eine rudimentäre Genauigkeitsanalyse ergab sowohl bei der Kronenflächenabschätzung als auch bei der absoluten Anzahl der Bäume eine Genauigkeit von ca. 90%.

Anhand der zeitlichen Auswertung der Baumkataster von 2014, 2018 und 2022 kann festgestellt

werden, dass über die Jahre die Anzahl der Bäume um 29% zurückgegangen ist, deren durchschnittliche Kronengrösse allerdings zugenommen hat. Dies lässt darauf schliessen, dass in diesem Zeitraum tendenziell kleinere Bäume gefällt wurden, während grössere Exemplare erhalten geblieben sind bzw. gewachsen sind. Dies sind für die städtische Raumplanung wichtige Informationen für eine zukünftige Bestandsplanung. Hinsichtlich der Relevanz der städtischen Grünraumplanung ist es wichtig festzuhalten, dass von den 7634 Bäumen nur 1473 auf öffentlichem und die verbleibenden 6115 Bäume auf Privatgelände stehen, obwohl die zur Verfügung stehende Fläche ungefähr gleich ist (siehe Abbildung 9). Das heisst, dass bei Planungsmassnahmen die Privateigentümer von Bestandsgrün eine hohe Relevanz haben. Zur Bewältigung der eingangs erwähnten Herausforderungen durch die klimatischen Veränderungen aber auch der zunehmenden Siedlungsentwicklung nach innen ist eine Zusammenarbeit aller Akteure sowohl der öffentlichen Hand wie auch der privaten Grundeigentümer unabdingbar.

Ausblick

Die vorliegende Studie zeigt das Potenzial der Nutzung von Fernerkundungsdaten zur Untersuchung des Grünraums und dessen Veränderung im Siedlungsgebiet. Sie liefert wichtige Informationen für die Stadtentwicklungspolitik, aber auch für Planende z.B. in den Bereichen Hoch- und Tiefbau, der Klimaanpassung oder für die Raumplanung.

Die hier angewendete Methodik für das Vegetationsmonitoring sowie die kostengünstigen und flächendeckenden Grunddaten einen Baumkataster im Siedlungsraum sind auch auf andere Gebiete übertragbar. Im Rahmen von Analysen in weiteren Studiengebiete lässt sich auch die Methodik selbst weiterentwickeln und kontinuierlich verbessern.

Mit der entwickelten Methodik und der gewonnenen Datengrundlage kann weiter untersucht werden, welche Faktoren, wie z.B. Bautätigkeit, Siedlungs- und Bevölkerungsentwicklung oder Gesetzesänderungen die Vegetationsentwicklung in welchem Zeitraum beeinflussen. Auch können weitere strukturelle Informationen wie z.B. zur Dachbegrünung oder Photovoltaikanlagen im Siedlungsgebiet gewonnen und ausgewertet werden.