



Kleinflugzeug mit Kamertechnik

Automatisierte Auswertung von Luftbild- daten zur Abschätzung von Versiegelungsflächen in Leipzig

Die Planung von kommunalen und siedlungswasserwirtschaftlichen Strukturen setzt die Verfügbarkeit von verschiedenen (Geo-)Daten in einer hohen Aktualität voraus. Die digitalen Grundlagendaten werden dabei zunehmend durch Befliegungen und nachfolgende automatisierte Bildauswertungen gewonnen. Die erzielbaren Genauigkeiten in Kombination mit akzeptablen Kosten gestatten inzwischen breitere Anwendungen insbesondere bei sich dynamisch entwickelnden Siedlungsräumen und/oder größeren Flächen.

Autoren: Dr. Uwe Winkler, Christoph Salbach, Jörg Berbig und Heribert Schwarz

In Leipzig wurde erstmals als Alternative zur bisherigen manuellen Luftbildauswertung zur Erfassung von Versiegelungsflächen ein automatisierter Klassifikationsansatz genutzt. Die Vorteile liegen insbesondere in der hohen Aktualität der Ergebnisse, dem hohen Automatisierungsgrad, kurzen Bearbeitungszeiten sowie geringeren Kosten gegenüber manuellen Auswertungen. Die grundlegende Vorgehensweise wird im nachfolgenden Beitrag näher vorgestellt.

Veranlassung und Zielstellungen

Die Leipziger Wasserwerke sind für den Betrieb von ca. 2.600 km Kanalnetz zuständig. Für die Abrechnung der Regenwasserentgelte sowie für die Dimensionierung des Kanalnetzes werden die Lage von unbebauten/bebauten Strukturen benötigt. Im Zusammenhang mit der Einführung gesplitteter Entgelte für Regenwasser wurde erstmals 1999 auf Informationen aus Luftbildern zurückgegriffen, wobei eine aufwendige und teure händische Auswertung erfolgte. Daher wurden in den Folgejahren nur punktuelle Fortschreibungen vorgenommen, was die Aktualität der Daten zunehmend einschränkte.

Parallel waren umfassende technische und wirtschaftliche Verbesserungen bei der Luftbildfassung und -auswertung zu verzeichnen. Seit 2017 werden daher in Kooperation mit der Stadt Leipzig im zweijährigen Rhythmus Befliegungen durchgeführt. Zielstellung ist es, aktuelle Daten für verschiedene Fragestellungen in der Kommune (z. B. bei der Stadtplanung) sowie den Wasserwerken bereitzustellen. Ein Teilbereich umfasst dabei die Ermittlung der Versiegelungsflächen aus Luftbildern.

Anforderungsprofil

Die Planung und Durchführung einer automatisierten Auswertung von Luftbildern zur Abschätzung von Versiegelungsflächen setzt ein Zusammenwirken von Experten aus verschiedenen Fachbereichen voraus. In einem ersten Schritt ist zunächst ein Anforderungsprofil für alle Teilschritte von der Befliegung bis zu den Auswertungen anhand der Zielstellungen zu erstellen, in

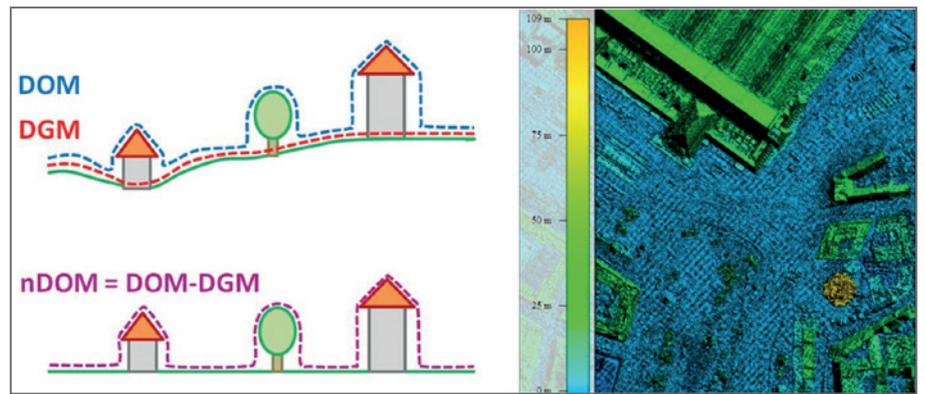


Abb. 1: Schema Erstellung und Ergebnis normiertes digitales Oberflächenmodell im Bereich Hauptbahnhof Leipzig

welchem u. a. Versiegelungsklassen, Umfang der zu erfassten Bildinformationen, Genauigkeiten bei der Klassifikation festgelegt werden. Hinzu kommen Bewertungen der entstehenden Kosten.

Die Versiegelungsdaten sollten im konkreten Fall u. a. als Eingangswerte für die hydraulischen Simulations- und Schmutzfrachtmodelle verwendet werden. Auf der Basis von verschiedenen Auswertungen bei den Leipziger Wasserwerken hinsichtlich der siedlungswasserwirtschaftlich erforderlichen bzw. auch durch automatisierte Luftbildauswertungen sinnvoll technisch und monetär leistbaren Differenzierungen von Flächen wurde eine Abbildung des Versiegelungsgrades in drei Klassen vorgegeben:

- undurchlässige Flächen – voll versiegelt (Dachflächen, Straßen, Plätze),
- teildurchlässige Flächen – teilversiegelt (Rasengitter, Gleisanlagen, usw.),
- durchlässige Flächen – unversiegelt (Grünflächen, Wald, Gartenland, usw.).

Auswertungsfehler bezüglich des exakten Befestigungsgrades und dessen Einfluss auf das Ergebnis wurden für teilversiegelte Flächen u. a. aufgrund deren Anteils an der Gesamtfläche im urbanen Raum als wenig signifikant eingeschätzt. Die von der ausgewerteten Befliegung zu übergebenden Daten sollten eine relevante flächenbezogene Mindestgröße und eine möglichst geringe Anzahl von Einzelflächen aufweisen um die Rechenzeiten im hydraulischen Modell zu begrenzen. Darüber hinaus wird auch eine Übersichtlichkeit der Darstellung und Vergleichbarkeit der Auswertungen mit den Luftbildern angestrebt. Daher wurden folgende Vereinfachungen festgelegt:

- Eliminierung von Flächen < 2 Quadratmeter,
- Vereinfachung aller Flächen unter Beibehaltung wichtiger Kanten und Stützpunkte,
- Zusammenfassung benachbarter Flächen mit gleichen Attributen.

Bei der Planung und Durchführung der Befliegung sind eine Reihe von technischen und organisatorischen Aspekten zu berücksichtigen. Für die vorgesehenen Auswertungen mit der Abgrenzung von vegetationsfreien Flächen sowie versiegelten Böden, Böden ohne Bewuchs oder Gewässern ist ein Befliegungstermin im zeitigen Frühjahr unabdingbar. Die Befliegung sollte vor dem Laubaustrieb (zur Zeit des Knospensprungs) erfolgen, um Verschattungen durch Laub zu vermeiden. Die Flächen müssen schneefrei sein. Der Sonnenstand sollte mindestens 30 Grad zum Horizont betragen. Die Bildqualität darf nicht durch Wolken, Wolkenschatten, großflächigen Rauch oder Dunst beeinträchtigt werden.

Das beflogene Gebiet erstreckte sich auf einer Fläche von ca. 961 km². Idealerweise sollte das Bildfluggebiet möglichst an einem Tag überflogen werden damit auf den Luftbildern vergleichbare Belichtungsverhältnisse vorhanden sind. In Abhängigkeit von Flughöhe/Bodenauflösung/wechselnden Wetterumständen ist diese Bedingung bei der vorhandenen Fluggebietsfläche in der Praxis nicht sicher umsetzbar. Daher wurde in der Ausschreibung gefordert, die Befliegung möglichst an einem Tag, maximal jedoch an bis zu drei zusammenhängenden Tagen durchzuführen. Bei Flugunterbrechungen ist dabei sicherzustellen, dass direkt benach-



Abb. 2: Ergebnisse Segmentierung

barte Flugstreifen des Bildfluggebiets etwa identische Sonnen- sowie Vegetationsstände aufweisen.

Es wurden Luftbilder mit den Kanälen Rot/Grün/Blau/Infrarot mit einer Bodenauflösung 10 cm x 10 cm je Pixel vorgenommen, was eine ausreichende Genauigkeit ermöglichte. Die Befliegung erfolgte mit einer Längs- bzw. Querüberlappung

von 80 Prozent bzw. 60 Prozent als Voraussetzung für die Pixelkorrelation des Oberflächenmodells und zur Herstellung von True Orthophotos.

Verwendete Software

Für die Auswertung ist die Verfügbarkeit kommerzieller Lösungen in Verbindung mit entsprechenden Anwendungserfah-

rungen für die schnelle und effiziente Aufbereitung und Klassifikation von entscheidender Bedeutung. Für die Bildanalyse wurde das Programm „eCognition“ eingesetzt. In diesem Softwarepaket sind die vielfältigen Aufbereitungsschritte (z. B. Zusammenfassung von Kanälen, Erstellung des normierten digitalen Oberflächenmodells Segmentierung, Klassifikation) be-

Die GeoIT-Profis

Präzise für verlässliche Ergebnisse

Agil bei den Prozessen

Vernetzt mit starken Partnern

www.geosystems.de

reits entsprechend softwaremäßig umgesetzt. Weitere Daten wurden in einem GIS-System verarbeitet.

Vorbereitende Datenaufbereitung

Beim Überflug werden die Luftbilder in Zentralperspektive aufgenommen. Es ist zur Verarbeitung im GIS-System daher notwendig, die Luftbilder in eine orthogonale Projektion zu überführen. Dazu wird ein digitales Oberflächenmodell (DOM) aus den orientierten Luftbildern berechnet. Das DOM enthält im Gegensatz zu den digitalen Geländemodellen (DGM) u. a. auch Höheninformationen von Objekten. Dies ermöglicht eine lagetreue Abbildung von hohen Objekten, was eine Verkipfung wie im klassischen Orthophotos verhindert. Dies betrifft vor allem aus dem Gelände herausragende Oberflächen wie Gebäude – das Dach eines Gebäudes liegt damit direkt über seinem Grundriss und stellt damit einen exakten Flächenbezug z. B. für die Ermittlung Niederschlagswasser ableiten der Flächen dar.

Aufgrund der im Gebiet bestehenden Höhenunterschiede in der Topographie wurde das digitale Oberflächenmodell auf der Basis des DGM auf einen einheitlichen Höhenbezug von 0 m normiert (nDOM). Damit kann u. a. die absolute Höhe von Gebäuden ermittelt werden, was die Basis für die automatisierte Erkennung entsprechender Objekte darstellt.

Auswerteverfahren

Zunächst werden ähnliche Pixel durch eine Segmentierung zu Objekten zusammengefasst, die neben spektralen Eigenschaften noch Attribute wie Form, Größe oder Textur aufweisen. Die Segmentierung erfolgt dabei iterativ, d. h. sie startet auf Pixelebene und vereinigt immer mehr Pixel, bis eine Homogenitätsschwelle erreicht ist. Diese Pixel werden dann zu größeren Objekten zusammengefasst. Durch die Hinzuziehung thematischer Layer (z. B. Straßen, Gebäude aus der digitalen Stadtgrundkarte) können Objektgrenzen dann mit einem Algorithmus einfacher und zudem genauer gebildet werden (Abbildung 2).

Nach der Segmentierung schließt sich der Klassifizierungsprozess der Flächen

| Versiegelt | Teilversiegelt | Nichtversiegelt |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Gebäude ■ Pflaster ■ Platten ■ Beton ■ Asphalt ■ Teer ■ Tartan | <ul style="list-style-type: none"> ■ Bahngleise (Schotter) ■ Wassergebundene Decken (Kiese) ■ Rasengittersteine | <ul style="list-style-type: none"> ■ Gewässer ■ Vegetation ■ Offener Boden ■ Sand |

Abb. 3: Zielklassen mit zugehörigen Zwischenklassen



Abb. 4: Ergebnisse automatisierte Auswertungen Leipzig Grünau

für die Versiegelungsklassen „Versiegelt“, „Teilversiegelt“ und „Nichtversiegelt“ an. Aufgrund der räumlichen Ausdehnung des Gebiets zeigte sich, dass die Zielklassen im Spektralbereich sehr heterogen sind. Daher wurde das Verfahren der „Bottom-up“-Klassifizierung angewendet. Dabei werden Zwischenklassen (z. B. Gebäude, Teer) mit eng gefassten Merkmalsräumen definiert und sowohl spektral als auch segmentbasiert erfasst. Im letzten Schritt werden diese dann zu den Zielklassen aggregiert (Abbildung 3).

Aufgrund von Testungen wurde zur Klassifizierung das überwachte Verfahren der Random Trees gewählt. Der Algorithmus kombiniert die Ergebnisse vieler verschiedener Entscheidungsbäume, um die bestmögliche Unterscheidung der Zielklassen zu ermöglichen. Die Verarbeitung erfolgte getrennt in zwei Gruppen nach den Schattenbereichen sowie für Mitteltöne/Lichter. Zudem wurden zunächst Trainingsgebiete mit bekannten Referenzdaten zu den Flächenstrukturen analysiert. Anschließend erfolgte die Übertragung auf das Gesamtgebiet. Der gesamte Prozess war durch eine iterative Anpassung und Qualitätssicherung gekennzeichnet.

Ergebnisse

In Abbildung 4 sind beispielhaft die Ergebnisse der Klassifizierung für ein relativ offen strukturiertes Gebiet in Leipzig Grünau in Großblockbauweise sowie mit Einfamilienhausbebauung dargestellt. Die erzielten Ergebnisse zeigen für die vorgesehenen Nutzungen eine gute Differenzierung der Flächen. Aufgrund der positiven Erfahrungen sind in Leipzig im Rhythmus von sechs Jahren Aktualisierungen der Flächenauswertungen gemeinsam mit der Stadt Leipzig geplant.

Kontakt:

- Dr. Uwe Winkler
Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH
- Christoph Salbach
Trigis GeoServices GmbH
Niederlassung Leipzig
- Jörg Berbig
Heribert Schwarz
Kommunale Wasserwerke Leipzig GmbH

INTERGEO[®] 2022 OCT. 18 – 20 ESSEN

HYBRID

INSPIRATION

FOR A SMARTER WORLD



GET YOUR FREE TICKET NOW!

VOUCHER CODE: IG22-VDE

TICKETSHOP GOES LIVE ON APRIL 28th



DVW

Veranstalter / Host: DVW e.V.
Ausrichter Conference / Conference organiser: DVW GmbH
Ausrichter Expo / Expo organiser: HINTE GmbH

WWW.INTERGEO.DE

