



Flächennutzungsmonitoring XI Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün

IÖR Schriften Band 77 · 2019

ISBN: 978-3-944101-77-4

Versiegelung im Stadtraum flächenscharf berechnen – Herausforderungen einer GIS-basierten Analyse

Christopher Barron

Barron, C. (2019): Versiegelung im Stadtraum flächenscharf berechnen – Herausforderungen einer GIS-basierten Analyse. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77, S. 191-198.

Versiegelung im Stadtraum flächenscharf berechnen – Herausforderungen einer GIS-basierten Analyse

Christopher Barron

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird eine Methodik zur Berechnung der Bodenversiegelung vorgestellt, bei der eine Kombination von Vektordaten und Luftbildern zum Einsatz kommt. Als Basis dienen insbesondere Falschfarben-Infrarotbilder. Mit einer Datenkombination sollen individuelle Stärken der Daten genutzt und Schwächen minimiert werden. Die Berechnung wird mit einem selbst entwickelten Python-Skript realisiert, um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Die Ergebnisse der Analyse können flächenscharf dargestellt werden. Probleme, die aus Besonderheiten der Eingangsdaten und deren Qualität resultieren, werden aufgezeigt und diskutiert.

1 Bodenversiegelung

Bodenversiegelung ist ein guter und beständiger Indikator bei Fragen zur Umweltqualität. Die Bundesrepublik Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, die Neuinanspruchnahme an Flächen von 30 ha/d bis zum Jahr 2020 nicht zu überschreiten; langfristiges Ziel für Baden-Württemberg ist die Netto-Null (LUBW 2018). Auf kommunaler Ebene sind Gegen- und Präventionsmaßnahmen ein wichtiger Bestandteil der Stadt- und Freiraumplanung. Allerdings bedarf es nicht nur bei einer flächenscharfen Berechnung einer genauen Definition von Versiegelung. Je nach Anwendungsgebiet kann eine hydrologische oder eine pedologische Definition geeignet sein: Erstere beinhaltet alle anthropogenen Flächen, durch die das Wasser nicht in den Boden infiltrieren kann; wie Straßen, Gehwege, Parkplätze, Dächer etc. (Weng 2012). Letztere fasst unter versiegelten Flächen alle diejenigen zusammen, die irreversibel durch nichtnatürliche Materialien verschlossen wurden (Prokop et al. 2011). Der Arbeit im Stadtgebiet Mannheim wurde eine pedologische Definition von Bodenversiegelung zugrunde gelegt.

2 Datengrundlage: Analyse der Stärken und Schwächen

Ein zentrales Ziel der Arbeit besteht darin, nur auf Datensätze zurückzugreifen, die in Kommunen üblicherweise bereits vorhanden sind. Damit werden Kosten minimiert und die automatisierte, GIS-basierte Methode kann vor dem Hintergrund der Vergleichbarkeit auch für andere Kommunen nützlich sein und das Interesse wecken.

Des Weiteren wird das Ergebnis in einer Auflösung von 10 cm x 10 cm berechnet. Bisher wurden in der Forschung zumeist geringer aufgelöste Versiegelungskarten erstellt. Deren verhältnismäßig niedrige Kosten und lange zeitliche Verfügbarkeit werden als Vorteile angesehen (Dams et al. 2013, 94). Eine hohe Auflösung kann jedoch mögliche Schwächen bei der Datenqualität oder Methodik eher offenlegen als geringer aufgelöste oder auf Raumeinheiten aggregierte Darstellungen.

Nachfolgend wird die Methodik dargelegt und vor deren Hintergrund die Stärken und Schwächen der eingesetzten Daten erläutert.

2.1 Fernerkundungsdaten – Colored Infrared Imagery

Hochaufgelöste (10 cm x 10 cm) Colored Infrared Imagery (CIR), Infrarot-Luftbilder, xstellen die Hauptdatengrundlage dar. Sie fallen häufig als Nebenprodukt einer Luftbildbefliegung an bzw. können bei einer solchen mit einem entsprechenden Sensor erfasst werden. Aus CIR-Daten können anhand des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Flächen mit Vegetation extrahiert werden. Im urbanen Bereich sind diese ein relativ sicherer Indikator für unversiegelte Flächen (Weng 2012).

Der Zeitpunkt der Befliegung spielt bei der Analyse eine entscheidende Rolle. Luftbilder werden zumeist vor oder zu Beginn der Vegetationsperiode erfasst, um möglichst viel Stadtraum auch unterhalb von Bäumen zu erfassen. Für die Berechnung des NDVI hingegen ist eine ausgeprägte Vegetation besser. Besonders geeignet scheint das Frühjahr mit dem Beginn der Vegetationsperiode.

Der Vegetationslayer des NDVI ist jedoch nicht mit unversiegelten Flächen gleichzusetzen. Problematisch sind, je nach Definition von Versiegelung, unterirdisch versiegelte Flächen wie Tiefgaragen oder Pflanzkübel. Des Weiteren reflektieren manche Objekte (vereinzelt Güterwaggons oder Photovoltaikmodule) in einem ähnlichen Spektralbereich wie Pflanzen.

Um diese Fehler zu korrigieren, ist der Einsatz von weiteren (Vektor-)Datensätzen unabdingbar. Der NDVI stellt die Basis dar, dem bestimmte Daten hinzugefügt oder entfernt werden müssen, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Diese werden im folgenden Kapitel 2.2 näher erläutert.

2.2 Vektordaten

Vektordaten müssen die CIR-Daten ergänzen, um insgesamt die Qualität der Versiegelungskarte zu verbessern. Bei ihrer Verwendung muss stets das Thema Datenqualität berücksichtigt werden. Dabei sind insbesondere die Parameter Vollständigkeit, logische Konsistenz, räumliche, zeitliche und thematische Korrektheit zu nennen (Barron et al. 2014, 879). Die Qualität der Analyseergebnisse in GIS-Prozessen ist immer abhängig von

der Qualität der Eingangsdaten. Es sollte auch beachtet werden, dass die Vektordaten aus derselben Zeit wie die Luftbilder stammen, um zeitliche Inkonsistenzen auszuschließen.

2.2.1 Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem

Das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) enthält unter anderem Daten zu Gebäuden und der Landnutzung in verschiedenen Kategorien. Je nach Kommune werden deren Qualitätsparameter unterschiedlich priorisiert. Im Untersuchungsgebiet Mannheim liegen Gebäudedaten sehr genau und aktuell vor, wohingegen die Landnutzung sowohl von der Lagegenauigkeit als auch von der attributiven Vollständigkeit nicht ausreichend fortgeführt wird.

Da sich die Verkehrsflächen, im Gegensatz zur tatsächlichen Nutzung, weniger dynamisch verändern, können diese jedoch problemlos als Basis für alle Straßen und Schienen- und Flugverkehrsflächen genutzt werden.

2.2.2 Grünflächenkataster

Das kommunale Grünflächenkataster stellt alle städtisch gepflegten Grünflächen dar. Dieser Datensatz ist notwendig, da nicht jedes als Vegetation klassifizierte Element der CIR-Aufnahme auch wirklich eine unversiegelte Fläche darstellt. Aufgrund der amtlichen Genauigkeit kann jede Fläche des Katasters als unversiegelt angesetzt werden, auch wenn die CIR-Aufnahme diese als (fälschlicherweise) unversiegelt identifiziert. Im Bereich von Bäumen beispielsweise, die den Straßenraum mit ihrer Krone überragen, sind nur die Fläche ihres Stammes bzw. ihrer Baumscheibe als unversiegelter Boden zu erfassen. Mithilfe des Grünflächenkatasters müssen diese aus den versiegelten Straßen des ALKIS-Datensatzes „ausgestanzt“ werden.

Je nach zugrundeliegender Definition von Versiegelung ist auch das Straßenbegleitgrün entsprechend zu berücksichtigen. Oberflächlich betrachtet sind diese Flächen unversiegelt. Im hochverdichteten Stadtraum können diese jedoch auch ohne Bodenanschluss in einer trog-förmigen Fassung liegen und damit unterirdisch versiegelt sein. Der größte Nachteil jedoch ist die Beschränkung des Grünflächenkatasters auf den öffentlichen Raum. Privates Grün wird darin ebenso wenig abgebildet wie Grünflächen entlang von Bundesautobahnen.

2.2.3 Landwirtschaftliche Flächen

Daten aller landwirtschaftlichen Flächen können relevant werden, wenn zum Zeitpunkt der CIR-Befliegung die Felder (noch) nicht bestellt sind. Die CIR-Daten für das Untersuchungsgebiet Mannheim stammen aus einem Flug im März, sodass zahlreiche landwirtschaftliche Flächen im NDVI nicht als unversiegelt erkannt werden.

2.2.4 OpenStreetMap

Darüber hinaus kommen auch nicht-amtliche OpenStreetMap-Daten (OSM) zum Einsatz. OSM ist eine 2004 gegründete Initiative, welche die Erstellung einer „freien Weltkarte“ zum Ziel hat (Barron et al. 2014, 877 ff.). OSM-Daten werden weltweit täglich von tausenden Freiwilligen für die Erstellung und Fortführung einer „freien Weltkarte“ gesammelt. So können beispielsweise Wasserflächen oder Fußgängerwege dieser Quelle entnommen werden. Städte und Regionen mit einer hohen Anzahl an Beitragenden weisen eine hohe Genauigkeit und Aktualität auf (Barron et al. 2014, 877 ff.).

Problematisch ist die heterogene Attributvergabe, insbesondere bei Objekten, die nicht direkt auf der OSM-Standardkarte erscheinen. Hinzu kommen Eigenheiten des Datenmodells, weshalb Wege und Straßen häufig lediglich als Linienzüge vorliegen. Bei fehlenden Attributen müssen daher Standardbreiten verwendet werden.

3 Methodik

Die entwickelte Methodik wird als Skript in Python formuliert, um die Wiederholbarkeit der Analyse für zukünftige Datensätze zu gewährleisten und die Anwendbarkeit in anderen Untersuchungsgebieten zu ermöglichen. Das Skript wurde für ArcGIS 10.* programmiert und liefert, wie in Abbildung 1 abgebildet, räumlich in einem 10 cm x 10 cm Raster verortet, alle unversiegelten Flächen des Untersuchungsgebiets als Ergebnis. Das Skript zur Berechnung wird online für alle interessierten Nutzerinnen und



Abb. 1: Unversiegelte Flächen in Mannheim-Gartenstadt; 10 cm x 10 cm Auflösung
(Quelle: eigene Darstellung, 2019)

Nutzer zur freien Verfügung unter der GNU General Public License v3.0 bereitgestellt (https://github.com/zehpunktbaron/pervious_area_calculator). Abbildung 2 veranschaulicht die Berechnungsschritte.

Vereinfacht ausgedrückt müssen für alle unversiegelten Flächen der NDVI und die landwirtschaftlichen Flächen zusammengefügt und von diesen wiederum die versiegelten Flächen abgezogen werden. Diese setzen sich zusammen aus Gebäuden, Verkehrsflächen (inkl. Wege, Parkplätze und Sportfelder). Wasserflächen werden je nach Versiegelungsdefinition separat betrachtet.

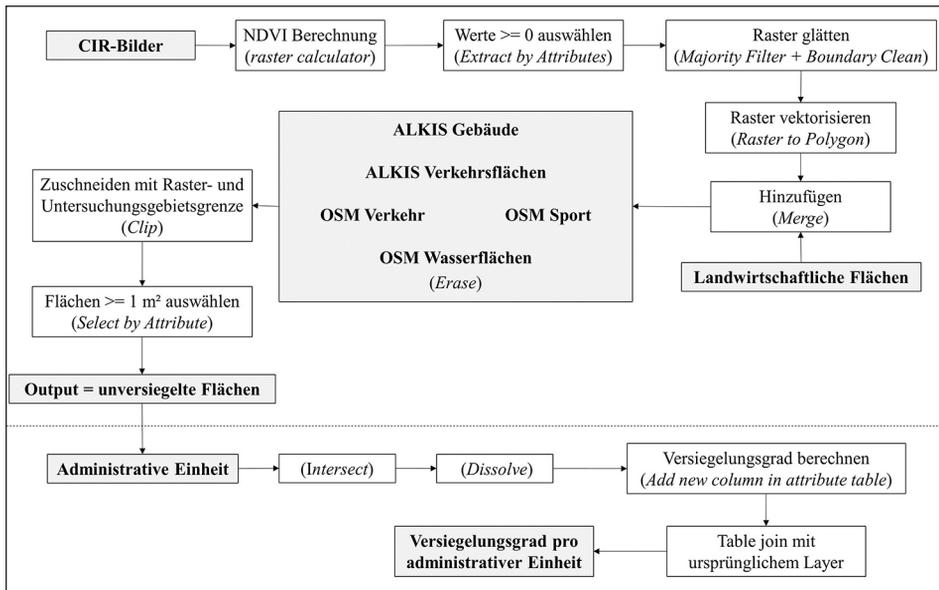


Abb. 2: Ablaufschritte des Python-Skripts zur Berechnung der unversiegelten Flächen (Quelle: eigene Darstellung, 2019)

Die Methodik wurde mit einer „Random Points“-Analyse validiert. Auf einer Fläche von ca. 4 km² wurden 100 zufällige Punkte ausgewählt und mit einem Luftbildabgleich analysiert. Insgesamt konnten 92 % korrekt klassifiziert werden. Die Ursachen der fehlerhaft klassifizierten, unversiegelten Flächen werden im folgenden Kapitel 4 näher erläutert.

4 Validierung und Optimierungspotenzial

Probleme bei der Analyse von Flächenversiegelung können sowohl eine Über- als auch eine Unterschätzung bedeuten. Neben der Beschreibung der Ursachen werden im Folgenden mögliche Lösungsansätze vorgeschlagen, welche die negativen Auswirkungen auf das Ergebnis minimieren können.

Brücken können aus OSM oder den ALKIS-Daten extrahiert werden. Allerdings werden die Flächen unter ihnen – und je nach Schattenwurf gegebenenfalls auch Bereiche darüber hinaus – im CIR-Luftbild stets als versiegelt klassifiziert. Innerhalb von Friedhöfen, Kleingartenanlagen oder Parkanlagen gibt es oftmals kleine versiegelte Flächen, die in Vektordatensätzen nicht enthalten sind und aufgrund ihrer Lage unterhalb von Baumkronen auf CIR-Luftbildern nicht zu erkennen sind. Dies können Spielelemente, Gartenhütten, Beete oder Wege sein. Letztere sind im ALKIS-Datensatz nicht enthalten und mithilfe von OSM nur dann annähernd korrekt zu bestimmen, wenn entsprechende Attribute zur Wegbeschaffenheit und -breite vergeben wurden. Die Frage, ob Beete als unversiegelt zu klassifizieren sind, hängt von der eingangs erwähnten Definition von Versiegelung ab. Dies gilt auch für Pflanztröge und Hochbeete auf Terrassen, Dächern oder Gartenmärkten.

Sportanlagen führen in mehrfacher Hinsicht zu Problemen bei der Analyse. Während Kunstrasenflächen über die NDVI-Berechnung als versiegelt klassifiziert werden, werden Rasenplätze darin als unversiegelt identifiziert. Rasenplätze haben jedoch oftmals einen versiegelten Unterbau (inkl. Drainage) und sind daher im Rahmen einer pedologischen Definition nicht als unversiegelt zu klassifizieren. Aus diesem Grund wurden aus den OSM-Daten alle Sportflächen mit dem Schlüssel-Wert-Paar „leisure=pitch“ extrahiert und von den unversiegelten Flächen subtrahiert.

Vegetationsarme Flächen werden bei der NDVI-Berechnung teilweise nicht erkannt, insbesondere Brachflächen oder Sand- und Kiesbänke entlang von Gewässern. Je nach Untersuchungsraum kann sich dies in der Gesamtbilanz bemerkbar machen. Mittels einer RGB-Bildklassifikation könnten künftig auch diese Flächen identifiziert werden.

Verkehrsflächen nehmen in Städten flächenmäßig einen großen Teil an der Gesamtge-markung ein. In Städten mit Infrastruktur von übergeordneter Bedeutung sind dies insbesondere (Rangier-)Bahnhöfe mit großflächigen Gleisanlagen. Diese werden mithilfe von ALKIS-Daten abgedeckt, da nach der zugrunde liegenden pedologischen Definition von Versiegelung Gleisschotter keinen natürlichen Boden darstellt und daher als versiegelt zu klassifizieren ist. Eine hydrologische Definition hingegen würde die Flächen als unversiegelt bewerten. Die Herausforderung liegt darin, die zahlreichen kleineren Grünflächen innerhalb des Gleiskörpers im pedologischen Ansatz zu identifizieren. Dies ist jedoch abhängig von der Qualität der ALKIS- bzw. OSM-Daten. Die ausschließliche Nutzung von CIR-Daten ist nicht geeignet, da sich auch auf künstlichen Schotterflächen Vegetation mit geringen Ansprüchen an den Untergrund ausbilden kann.

Zu den Verkehrsflächen zählen auch Parkplätze. Diese stammen entweder aus den OSM-Daten oder aus ALKIS und werden, auch wenn sie aus teilversiegelten Materialien wie Rasengittersteinen bestehen, im pedologischen Ansatz als versiegelt klassifiziert.

Problematisch sind Rasenflächen, die sporadisch im Rahmen von Messen oder Sportveranstaltungen als Parkplatz genutzt werden, im Verkehrsdatensatz jedoch enthalten sind.

Neben den problematischen Flächen führt die Kombination von Daten unterschiedlicher Qualität (Abb. 2) zu Herausforderungen. Hierbei auftretende Ungenauigkeiten können auf eine geringe Auflösung oder Unvollständigkeit der Daten, temporäre Diskrepanzen oder Positionsungenauigkeiten zurückgeführt werden. Im Projektgebiet Mannheim lagen beispielsweise zwischen der Befliegung für die CIR-Daten im März 2017 und den kontinuierlich fortgeführten Geofachdaten mehr als anderthalb Jahre. Es ist offenkundig, dass dies, insbesondere vor dem Hintergrund der gegenwärtig stattfindenden Transformation ehemaliger Konversionsflächen, zu Abweichungen führt. Abhilfe kann hier einerseits ein zeitaufwändiger, manueller Abgleich schaffen. Andererseits wäre ein kartographisches Hervorheben derjenigen Gebiete denkbar, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit mit Unsicherheiten behaftet sind (Baugebiete, Konversionsflächen).

5 Fazit

Informationen zum Versiegelungsgrad stellen für Kommunen eine zentrale Planungsgrundlage dar. Ziel dieser Untersuchung ist die Entwicklung einer Methodik, die Versiegelung flächenscharf in einer 10 cm x 10 cm Auflösung abbildet. Hierfür wird eine Kombination aus hochaufgelösten Satellitendaten mit Geofach- und Geobasisdaten vorgeschlagen. Die individuellen Stärken der einzelnen Datensätze lassen sich dadurch gezielt nutzen.

Das Skript zur Berechnung wird online für alle interessierten Nutzerinnen und Nutzer zur freien Verfügung unter der GNU General Public License v3.0 bereitgestellt.

Aus den Erfahrungen dieses Projektes hat sich gezeigt, dass die Definition von Versiegelung zu Beginn der Analyse einen maßgeblichen Einfluss auf das Endergebnis hat. Es wird daher empfohlen, sich bei künftigen Arbeiten im Vorhinein intensiv mit der Zielsetzung der Arbeit und der hierfür geeignetsten Definition auseinanderzusetzen.

6 Literatur

Barron, C.; Neis, P.; Zipf, A. (2014): A Comprehensive Framework for Intrinsic OpenStreetMap Quality Analysis. In: *Transactions in GIS* 18, 877-895.

Dams, J.; Dujardin, J.; Reggers, R.; Bashir, I.; Canters, F.; Batelaan, O. (2013): Mapping Impervious Surface Change from Remote Sensing for Hydrological Modeling. In: *Journal of Hydrology* 485, 84-95.

LUBW-Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/boden/flaecheninanspruchnahme>
(Zugriff: 24.04.2019).

Prokop, G.; Jobstmann, H.; Schönbauer, A. (2011): Report on best Practices for Limiting Soil Sealing and Mitigating its Effects. European Commission, DG Environment, Technical Report-2011-50. Brussels.

Weng, Q. (2012): Remote Sensing of Impervious Surfaces in the Urban Areas: Requirements, Methods, and Trends. In: Remote Sensing of Environment, 34-49.