



Flächennutzungsmonitoring XI Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün

IÖR Schriften Band 77 · 2019

ISBN: 978-3-944101-77-4

Entwicklung der Bodenversiegelung in Berlin – Methodik und Ergebnisse

Leilah Haag

Haag, L. (2019): Entwicklung der Bodenversiegelung in Berlin – Methodik und Ergebnisse. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77, S. 183-190.

Entwicklung der Bodenversiegelung in Berlin – Methodik und Ergebnisse

Leilah Haag

Zusammenfassung

Räumliche Informationen zur Bodenversiegelung sind ein wichtiger Bestandteil des Umweltatlas Berlins. Sie fließen in eine Vielzahl von Auswertungen ein, z. B. zum Stadtklima und zu Bodenbewertungen bis hin zu Planungshinweiskarten. Im Umweltatlas Berlin werden Versiegelungsgrade seit 1985 veröffentlicht. Seit 2005 werden die Daten mit einer einheitlichen Methode erhoben, wodurch ein flächendeckendes Monitoring ermöglicht wurde. Innerhalb der 5-Jahreszeiträume ist die Gesamtversiegelung seither jeweils um ca. 1 % angestiegen. Im Vergleich mit Versiegelungswerten aus deutschland- und europaweiten Erhebungen sind die Umweltatlasdaten aufgrund der Nutzung detaillierter Insitu-(Geo)Daten sehr genau. Andere automatisierte Erhebungsmethoden für Deutschland und Europa bieten großflächige Vergleichsmöglichkeiten, die z. B. für politische Entscheidungen und die Wissenschaft von großer Bedeutung sind.

1 Einführung

Der **Umweltatlas Berlin** bietet einen zentralen Zugang zu Umweltinformationen Berlins. Seit mehr als 35 Jahren stellt der Umweltatlas die wesentlichen Informationsgrundlagen für vielfältige Anforderungen im Zusammenhang mit Planung, Bürgerbeteiligung und Umweltberichterstattung dar. Er beschreibt auf der Basis geprüfter behördlicher Informationen mit einer Vielzahl von Karten, Sachdaten und umfangreichen erläuternden Texten die Stadt und ihre Umwelt. Im Geoportal Berlin können die Karten betrachtet und Sachdatenabfragen sowie Überlagerungen mit anderen Informationen durchgeführt werden. Die Informationen sind außerdem Teil der Geodateninfrastruktur und können über OGC-konforme Webdienste in GI-Systemen oder eigenen Anwendungen genutzt werden.

Die **Versiegelung von natürlichen Böden** durch Überbauung und Bedeckung mit undurchlässigem Material hat eine Vielzahl von negativen Auswirkungen auf den Naturhaushalt, das Mikroklima in der Stadt und den Lebensraum des Menschen. Die Auswirkungen der Bodenversiegelung sind vor allem in den Großstädten und Ballungsräumen zu spüren, wo ein hoher Anteil der gesamten Fläche versiegelt ist. Die Bodenversiegelung wurde erstmals 1985 für West-Berlin im Umweltatlas veröffentlicht (SenStadtUm 1985). In der Ausgabe 1993 wurden erstmals Versiegelungsgrade mit dem Datenstand 1990 für West- und Ost-Berlin gemeinsam veröffentlicht. Seither liegen

Versiegelungsdaten digital für 1990, 2001, 2005, 2011 und 2016 vor (SenStadtWohn 2017). Seit 2005 werden die Daten mit einer einheitlichen Methode erhoben, wodurch ein flächendeckendes Monitoring möglich wurde.

2 Methodik

Das 2005 in Kooperation mit TU Berlin, HU Berlin und Digitale Dienste Berlin entwickelte hybride Kartierungsverfahren gewährleistet eine effiziente Nutzung von vorhandenen Fachinformationen und Geodaten in Kombination mit Satellitenbilddaten im gesamten Auswertungsprozess. Das Verfahren ist in drei Auswertungsstufen gegliedert: Kartierung der bebaut versiegelten Fläche, Kartierung der unbebaut versiegelten Fläche sowie Ableitung des Versiegelungsgrads (Abb. 1).

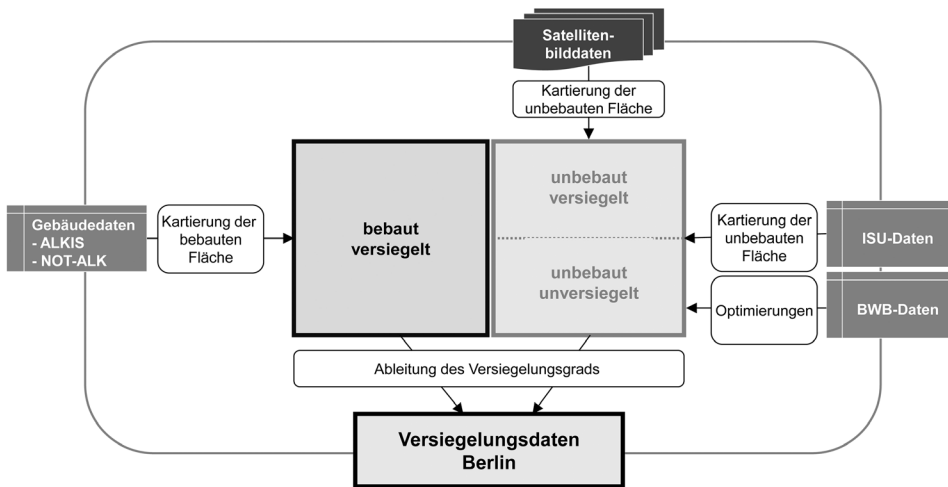


Abb 1: Schema des hybriden Kartierungsverfahrens (Quelle: SenStadtWohn 2017)

2.1 Datengrundlagen

Für die Versiegelungskartierung werden ausschließlich Geodaten herangezogen, die der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen für Berlin flächendeckend zur Verfügung stehen.

2.1.1 Informationssystem Stadt und Umwelt

Die Bezugsfläche der berechneten Versiegelungsgrade bilden die Block- und Blockteilflächen des **Informationssystems Stadt und Umwelt (ISU)**, das seit 2005 im Maßstab 1 : 5 000 vorliegt. Den Straßenflächen werden Werte zugewiesen, die auf einer bezirksweisen Zuordnung von Versiegelungsgraden in der Straßenstatistik der Senatsverwal-

tung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz beruhen. Für die Block- und Blockteilflächen liegen zudem Nutzungsdaten (**ISU-Flächentypen**) vor (SenStadtUm 2016), die im Rahmen der regelbasierten Klassifizierung der Satellitendaten verwendet werden.

2.1.2 Satellitendaten

Für die aktuelle Kartierung wurde eine multispektrale **Sentinel-2A-Szene** des Erdbeobachtungsprogramms Copernicus der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) vom 2. Mai 2016 genutzt (Copernicus o. J.). Davor (2005 und 2011) wurden **SPOT5-Satellitendaten** (Airbus Defence and Space o. J.) verwendet. Es erfolgt eine geometrische Korrektur der 2016er Sentinel-2A-Szene auf die 2011er SPOT5-Szene, dazu wird das Resampling-Verfahren „Nearest Neighbour“ gewählt. Eine radiometrische Angleichung der Szenen wird nicht vorgenommen, da sich die radiometrischen Auflösungen von SPOT5 und Sentinel-2A (8 Bit und 12 Bit) unterscheiden.

2.1.3 Weitere Geodaten

Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS): hier werden alle oberirdischen Gebäude selektiert und im Verfahren als bebaut versiegelte Fläche verwendet.

Zusätzliche Gebäudedaten aus der Umweltatlaskarte „Gebäude- und Vegetationshöhen“ (06.10, SenStadtUm 2014) werden übernommen, um in ALKIS fehlende Gebäude als bebaut versiegelte Fläche zu erfassen, z. B. in Kleingärten.

Karte von Berlin 1 : 5 000 (K5): zur genaueren Erfassung von Gleiskörpern fließen die oberirdischen Bahnlinien der K5 in die regelbasierte Klassifizierung ein.

Versiegelungsdaten der Berliner Wasserbetriebe (BWB): in den „grüngeprägten“ Wohnnutzungen kommen speziell abgeleitete Korrekturfaktoren zum Einsatz, die der Unterschätzung der Versiegelung in diesen Bereichen entgegenwirken sollen.

2.2 Kartierung der bebaut versiegelten Fläche

Für die Kartierung der bebaut versiegelten Fläche werden die ALKIS-Gebäudedaten sowie die zusätzlichen Gebäudedaten aus der Umweltatlaskarte 06.10 (SenStadtUm 2014) verwendet.

2.3 Kartierung der unbebaut versiegelten Fläche

Die **spektrale Klassifizierung** der Sentinel-2A-Szene erfolgt auf der restlichen Fläche (Gesamtfläche abzüglich Straßen und Gebäude). Zunächst wird der Vegetationsgrad der unbebauten Fläche mittels des Normalisierten Vegetationsindex (NDVI; Hildebrandt 1996) ermittelt. Ergänzend untersucht werden besonders relevante

Oberflächenmaterialien, wie Sand, Asche und Tenne, Gleisschotter, Kunstbeläge sowie beschattete Flächen, die häufig fehlerhaft ausgewertet werden. Zudem erfolgt eine Kategorisierung der ISU-Flächentypen nach den fernerkundungsrelevanten Kriterien Bebauungshöhe, Vegetationshöhe, Reflexionseigenschaften, Heterogenität und Relief sowie bezüglich der durchschnittlichen Versiegelungsgrade in 18 Kategorien. Anschließend wird eine **regelbasierte Klassifizierung** durchgeführt. Aus den ermittelten Vegetationsgraden pro Pixel (2,5 m x 2,5 m) werden Versiegelungsgrade abgeleitet. Dabei werden je nach fernerkundungsrelevanter Kategorie unterschiedliche Regeln angewendet. In den Kategorien der bebauten Flächentypen werden alle Vegetationsgrade in Versiegelungsgrade umgerechnet. In den Kategorien Wald, Landwirtschaft und Brachfläche wird dagegen nur der Vegetationsgrad von 0 % als Versiegelung von 100 % gewertet. Vegetationsgrade zwischen 5 % und 95 % werden in diesen Kategorien als Mischsignaturen von Vegetation und anderen unversiegelten Oberflächenbedeckungen interpretiert und somit als unversiegelt eingestuft. Unter Verwendung des Verfahrens der Hauptkomponentenanalyse (Richards, Jia 1999) werden die jeweiligen NDVI-Kanäle von 2011 und 2016 analysiert und Verdachtsflächen statistisch abgeleitet, die auf mögliche Veränderungen der Versiegelung hinweisen. Nach einer visuellen Kontrolle anhand aktueller Luftbilder werden für die unveränderten Flächen die Versiegelungswerte von 2011 übernommen, für die Flächen mit sicheren Veränderungen werden die Versiegelungswerte von 2016 angewendet. Als Zwischenergebnis liegen nun auf Rasterbasis die Kategorien der Versiegelungsgrade zuzüglich Schatten- und Gleisschotterflächen vor.

2.4 Ableitung des Versiegelungsgrads pro Block- und Blockteifläche

Für die Berechnungen des Versiegelungsgrads werden die Ergebnisse der pixelbasierten Satellitenbildklassifizierung mit den Flächen der Blockkarte des ISU verschnitten. Für die Schattenflächen werden umgebungsspezifische Versiegelungsgrade übernommen. Da in Kleingärten die Datengrundlage der Gebäude weiterhin unvollständig ist, wird der Gesamtversiegelungsgrad mithilfe von Durchschnittswerten des Bundeskleingartengesetzes und berlinspezifischen Werten in bebaut und unbebaut versiegelt geteilt. In den „grüngeprägten“ Wohnnutzungen werden die BWB-Korrekturfaktoren angewendet. Es werden zwei Versiegelungsgrade pro Fläche angegeben. Die Klasse „Gleisschotter“ kann wahlweise als versiegelte oder unversiegelte Fläche genutzt werden. Dies gewährleistet die unterschiedliche Bewertung von Schotter in Abhängigkeit von der jeweiligen thematischen Fragestellung. Für Wasserhaushaltsuntersuchungen im Umweltatlas wird davon ausgegangen, dass Wasser auf Gleisschotterflächen versickert. Es werden die Versiegelungswerte verwendet, bei denen Gleisschotter als unversiegelt eingegangen ist. In Stadtklimaanalysen im Umweltatlas gehen hingegen die Versiegelungsgrade ein, die den Gleisschotter als versiegelte Fläche einbeziehen, da hier von einer hohen thermischen Belastung ausgegangen wird.

3 Versiegelungsentwicklung 1990-2016

Tabelle 1 zeigt die Versiegelungsgrade für Berlin von 1990 bis 2016. Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden ist ein direkter Vergleich der Werte von 1990 und 2001, bei deren Auswertung teilweise nutzungsspezifische Pauschalwerte angenommen wurden, mit den Werten ab 2005 nur bedingt möglich. In den Jahren 2005, 2011 und 2016 ist die Gesamtversiegelung jeweils um ca. 1 % angestiegen. Der Anstieg der bebaut versiegelten Fläche 2016 ist ca. zur Hälfte mit realen Veränderungen und zur anderen Hälfte mit der verbesserten Datengrundlage zum Gebäudebestand zu erklären (SenStadtWohn 2017).

Tab: 1: Ergebnisse von Versiegelungskartierungen in Berlin 1990 bis 2016 – Rundungsdifferenzen können auftreten (Quelle: SenStadtWohn 2017)

	Versiegelung		Bebaut versiegelte Fläche		Unbebaut versiegelte Fläche		Straße		Ausgewertete Gesamtfläche	Anzahl Blöcke
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	
1990	31 173	35,3	9 680	11,0	13 283	15,0	8 210	9,3	88 358	23 202
2001	31 021	34,7	9 629	10,8	13 058	14,6	8 334	9,3	89 317	24 505
2005	28 408	31,9	9 423	10,6	10 526	11,8	8 459	9,5	89 090	24 669
2011	29 190	32,8	9 574	10,7	11 032	12,4	8 584	9,6	89 095	24 961
2016	30 192	33,9	10 890	12,2	10 560	11,9	8 741	9,8	89 108	25 352

4 Vergleich mit weiteren Versiegelungsanalysen

Andere für Berlin durchgeführte Versiegelungserhebungen kommen z. T. zu abweichenden Versiegelungsgraden. Eine Auswahl dieser Methoden und deren Ergebnisse wird im Folgenden mit denjenigen des Umweltatlas verglichen (Tab. 2).

Tab: 2: Vergleich von Versiegelungsgraden verschiedener Erhebungsmethoden für Berlin (Quellen: SenStadtWohn 2017; Statistische Ämter der Länder 2017, 2018; IÖR-Monitor o. J.)

	Umweltatlas (%)	UGRdL (%)	IÖR-Monitor (%)
Aufnahmezyklus (Jahre)	5	1	3
2005	31,9	34,63	
2006		34,7	32,3
2009		35,07	32,5
2011	32,8	34,9	
2012		34,85	32,7
2015		34,92	32,8
2016	33,9	34,6	

„Flächenversiegelung“ der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UGRdL): Die Datenerhebung der Versiegelungsgrade pro Bundesland beruht auf der amtlichen Flächenstatistik. Dabei werden den verschiedenen Nutzungskategorien der Siedlungs- und Verkehrsfläche pauschale Versiegelungsgrade zugeordnet. Es werden jährlich Versiegelungsdaten veröffentlicht. Die Versiegelungsgrade der UGRdL für Berlin liegen immer über denen des Umweltatlas. Der UGRdL-Ansatz arbeitet mit bundesweiten Schätzwerten, die nicht auf regionale Besonderheiten eingehen. Die Nutzungsänderung des Flughafens Tempelhof hat die Flächenstatistik verändert, ohne dass sich real der Versiegelungsgrad verändert hat (SenStadtWohn 2017).

High Resolution Layer Imperviousness: im Rahmen des europäischen Copernicus-Programms wird seit 2006 im 3-Jahreszyklus ein rasterbasierter Layer zum Versiegelungsgrad (20 m x 20 m) auf Basis einer NDVI-Auswertung für Europa erstellt und kostenfrei

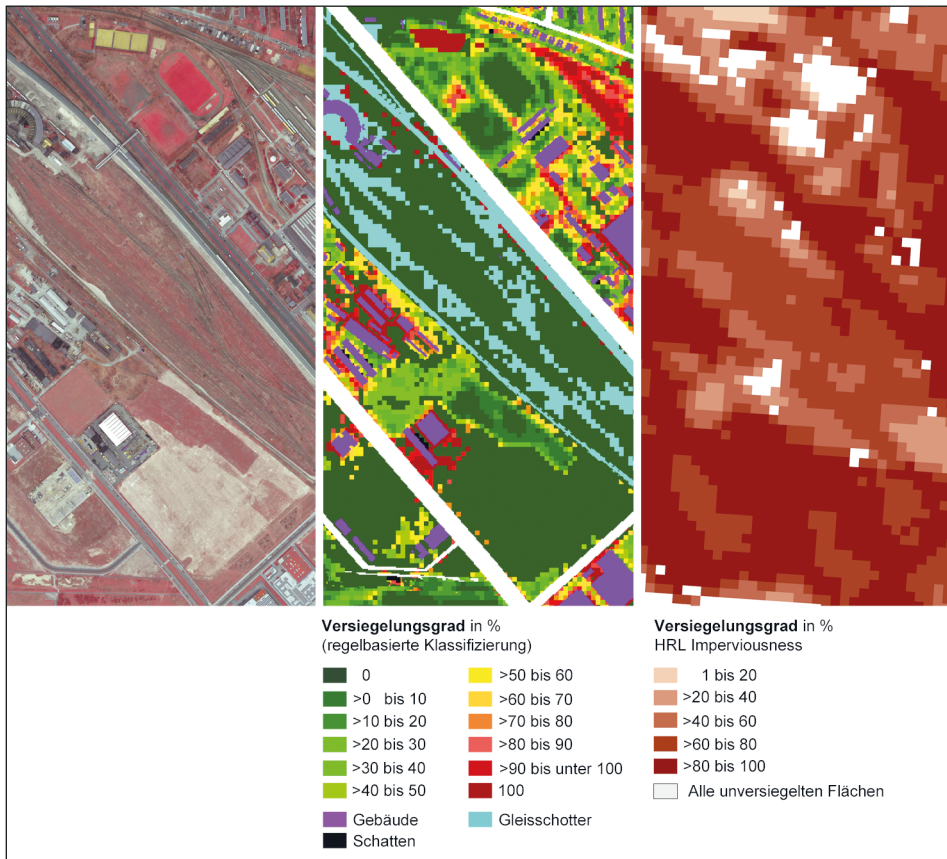


Abb. 2: Vergleich von Versiegelungsgraden im Umweltatlas (Mitte) und im HRL Imperviousness (rechts) am Beispiel der Brachflächen und ehemaligen Gleisanlagen der „Gleislinie Schöne-weide“ (Quellen: Digitale Color-Infrarot-Orthophotos 2016 (DOP20CIR), Geoportal Berlin; SenStadtWohn 2017; HRL Imperviousness, Copernicus 2015)

zur Verfügung gestellt. Für Berlin scheinen die Versiegelungsgrade in Bereichen von Brachflächen, die hier immer noch einen großen Flächenanteil ausmachen, zu hoch (Abb. 2). Zudem werden z. T. breite Gewässer nicht maskiert und mit hohen Versiegelungsgraden bewertet (z. B. Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal).

Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor): Der IÖR-Monitor summiert die rasterbasierten Bodenversiegelungswerte des High Resolution Layer Imperviousness und bildet den Mittelwert je Gebietseinheit aus dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) Basis-DLM. Obwohl die Brachflächen und Gewässer im Imperviousness-Layer so hoch sind, ähneln die IÖR-Werte für Berlin denen des Umweltatlas. Der Anstieg des Versiegelungsgrads im Umweltatlas bis 2016 auf 33,9 % ist jedoch im IÖR-Monitor nicht abzulesen.

5 Fazit

Die Bodenversiegelungsgrade im Umweltatlas sind dank der Nutzung von Satellitendaten in Kombination mit den detaillierten Geodaten des ISU sehr genau und hervorragend geeignet zur Nutzung auf allen Planungsebenen. Diese In-situ-(Geo)Daten stehen den großflächigen Auswertungen nicht einheitlich zur Verfügung, weshalb es zu Abweichungen der Daten kommt. Für deutschland- und europaweite Vergleiche sind die automatisierten Methoden von UGRdL, Copernicus und IÖR-Monitor jedoch sehr sinnvoll und von großer Bedeutung für politische Entscheidungen und die Wissenschaft.

6 Literatur

- Airbus Defence and Space (o. J.): Intelligence. Delivering Value from Data in Our Digitally Connected World. <https://www.intelligence-airbusds.com/en/8204-home> (Zugriff: 10.05.2019).
- Copernicus (o. J.): Europe's eyes on Earth. <https://www.copernicus.eu/> (Zugriff: 10.05.2019).
- Hildebrandt, G. (1996): Fernerkundung und Luftbildmessung: für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie. Wichmann-Verlag, 1. Aufl., 676 S., Heidelberg.
- IÖR-Monitor – Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (o. J.): Indikator Bodenversiegelungsgrad. <https://www.ioer-monitor.de/> (Zugriff: 10.05.2019).
- Richards, J. A.; Jia, X. (1999): Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction. Springer-Verlag, 3rd Edition, 363 S., Berlin/Heidelberg.
- SenStadtUm – Der Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (Hrsg.) (1985): Umweltatlas Berlin. Bd. 1, Karte 01.02 Versiegelung, 1 : 50 000, Berlin.

- SenStadtUm – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hrsg.) (2014): Umweltatlas Berlin. Ausgabe 2014, Karte 06.10 Gebäude- und Vegetationshöhen, 1 : 50 000, Berlin.
<https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i610.htm>
(Zugriff: 10.05.2019).
- SenStadtUm – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (Hrsg.) (2016): Umweltatlas Berlin. Ausgabe 2016, Karten 06.01 Reale Nutzung der bebauten Flächen, 06.02 Grün- und Freiflächenbestand. 1 : 50 000, Berlin.
<https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ie601.htm>
(Zugriff: 10.05.2019).
- SenStadtWohn – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin (Hrsg.) (2017): Umweltatlas Berlin. Ausgabe 2017, Karte 01.02 Versiegelung, 1 : 50 000, Berlin.
<https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/id102.htm>
(Zugriff: 10.05.2019).
- Statistische Ämter der Länder (2017): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Bd. 1, Indikatoren und Kennzahlen, Tabellen, Ausgabe 2017, Tabelle 10.10 Flächenversiegelung 2000-2015 nach Bundesländern.
<https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/publikationen> (Zugriff: 10.05.2019).
- Statistische Ämter der Länder (2018): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Bd. 1, Indikatoren und Kennzahlen, Tabellen, Ausgabe 2018, Tabelle 10.8 Versiegelte Fläche 2016 nach Bundesländern.
<https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/publikationen> (Zugriff: 10.05.2019).