

01.02 Versiegelung (Ausgabe 2012)

Problemstellung

Versiegelungsdaten werden in den für Umweltschutz, Stadt- und Landschaftsplanung zuständigen Stellen der Berliner Verwaltung regelmäßig genutzt. Dabei ist die Nutzung und Verarbeitung in verschiedenen Modellen (Stadtklima, Wasserhaushalt) oder Bewertungsverfahren - wie z.B. im Bodenschutz - ein Anwendungsschwerpunkt. Aber auch der Dokumentation des Zustandes der Beeinträchtigung von Natur und Landschaft durch Versiegelung kommt eine wichtige Bedeutung zu. Nicht zuletzt wird im politischen Raum zunehmend nach zeitlich hoch aufgelösten Versiegelungsdaten verlangt, um im Rahmen eines Monitorings den Erfolg umweltpolitischer oder stadtplanerischer Strategien messen zu können.

Definition

Unter Versiegelung wird die Bedeckung des Bodens mit festen Materialien verstanden. Dabei lassen sich versiegelte Flächen in **bebaut versiegelte Flächen**, also Gebäude aller Art und **unbebaut versiegelte Flächen** also Fahrbahnen, Parkplätze, befestigte Wege usw. trennen.

Neben baulichen Anlagen und mit Asphalt oder Beton vollständig versiegelten Oberflächen werden **auch durchlässigere Beläge** als versiegelt betrachtet, obwohl diese zum Teil sehr unterschiedliche ökologische Eigenschaften aufweisen. Rasengittersteine oder breitfugiges Pflaster z.B. erlauben noch ein reduziertes Pflanzenwachstum, sind teilweise wasserdurchlässig oder weisen ein wesentlich günstigeres Mikroklima auf.

Die vorkommenden Arten von Oberflächenbelägen wurden zu **vier Belagsklassen** mit unterschiedlichen Auswirkungen auf den Naturhaushalt zusammengefasst (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht über die Belagsklassen

Belagsklasse	Einschätzung der Auswirkung auf den Naturhaushalt	Belagarten
1	extrem	Asphalt, Beton, Pflaster mit Fugenverguß oder Betonunterbau, Kunststoffbeläge
2	hoch	Kunststein- u. Plattenbeläge (Kantenlänge > 8 cm), Betonverbundpflaster, Klinker, Mittel- und Großpflaster
3	mittel	Klein- und Mosaikpflaster (Kantenlänge < 8 cm)
4	gering	Rasengittersteine, wassergebundene Decke (z. B. Schlacke, Kies-, Tennenfläche), Schotterrasenn

Tab. 1: Übersicht über die Belagsklassen

Auswirkung der Versiegelung auf den Naturhaushalt

Die Auswirkungen der Versiegelung sind vor allem in den Großstädten und Ballungsräumen zu spüren, wo ein hoher Anteil der gesamten Fläche versiegelt ist.

Das hohe Wärmespeichervermögen von Gebäuden und asphaltierten Straßen verursacht eine Aufheizung der Luft und führt zur Ausprägung eines speziellen **Stadtklimas**. Vor allem im Sommer wird dadurch die nächtliche Abkühlung deutlich verringert (vgl. Abb. 1).

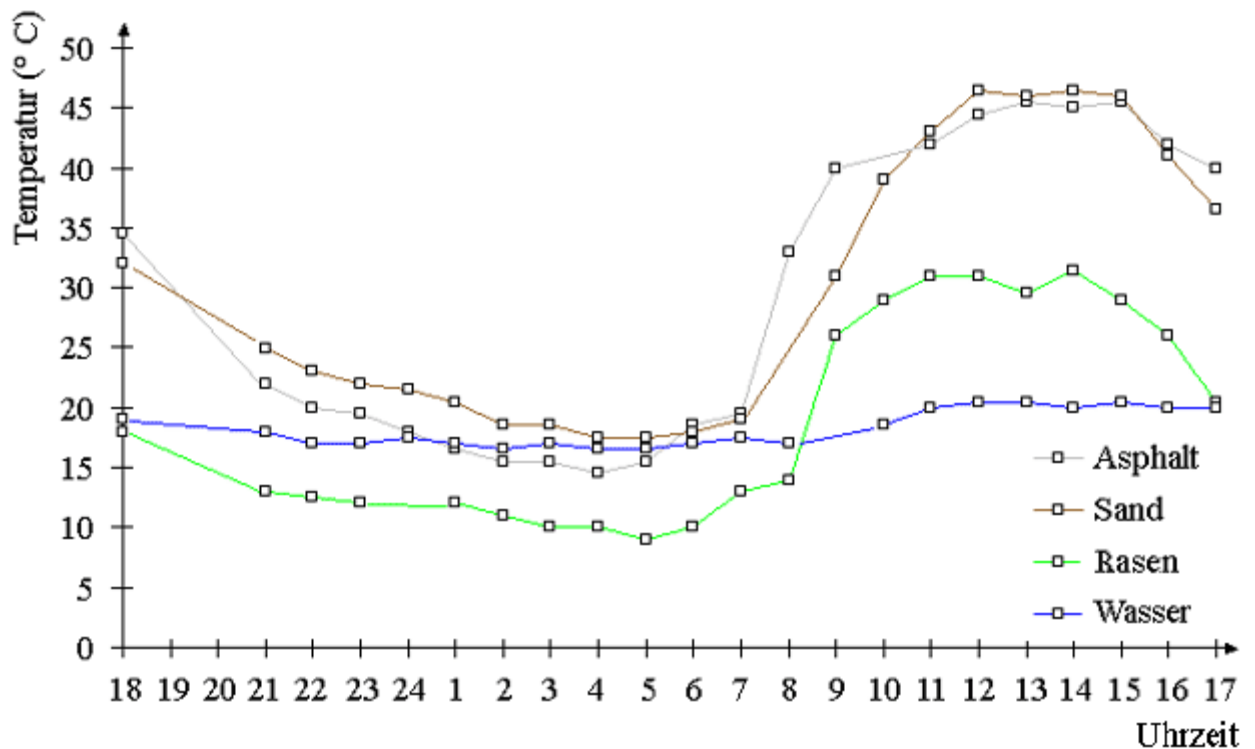


Abb. 1: Temperaturverlauf über unterschiedliche Oberflächen (Kessler 1971 in: Mählenhoff 1989)

Gleichzeitig wird auch die relative **Luftfeuchtigkeit vermindert**, da Vegetationsflächen und die davon ausgehende Verdunstung fehlen. Dies kann zum Auftreten von **Extremwerten** führen, die das menschliche Wohlbefinden erheblich beeinträchtigen können. In diesem Zusammenhang spielen nicht versiegelte Flächen wie z. B. Parkanlagen eine große Rolle; schon ab 1 ha Größe sind positive klimatische Auswirkungen auf das menschliche Wohlbefinden nachweisbar. Auch auf die Staub- und Schadstoffgehalte der Luft haben vegetationsbestandene Flächen Einfluss, da sie durch ihre großen Blattoberflächen in der Lage sind, Stäube und andere **Luftschadstoffe zu binden**.

Die Auswirkungen der Versiegelung auf das Berliner Stadtklima sind ausführlich in verschiedenen Karten des Bereiches [Klima](#) beschrieben.

Mit der Versiegelung des Bodens gehen durch den Verlust von Verdunstungs- und Versickerungsflächen für Niederschläge auch tiefgreifende Veränderungen im **Wasserhaushalt** einher. Das u. a. mit Reifenabrieb, Staub und Hundekot stark verunreinigte Regenwasser von versiegelten Flächen wird über die Kanalisation entweder direkt in die Vorfluter oder über die Klärwerke abgeleitet (vgl. Karte 02.09 [Entsorgung von Regen und Abwasser](#)).

Durch Versiegelung und Verdichtung werden außerdem die **Funktionen des Bodens** stark beeinträchtigt. Mit der Unterbindung der Wasser- und Sauerstoffversorgung werden die meisten Bodenorganismen zerstört. Da kein Wasser mehr versickern kann, werden die über Luft und Niederschläge eingetragenen Schadstoffe nicht mehr im Boden gehalten und in die Oberflächengewässer gespült.

Die vollständige Versiegelung des Bodens bewirkt den gänzlichen Verlust von **Flora und Fauna**. Aber auch die Versiegelung von Teilbereichen verursacht immer einen Lebensraumverlust. Biotope werden zerschnitten oder isoliert; empfindliche Arten werden zugunsten einiger anpassungsfähiger Arten verdrängt.

Neben den oben beschriebenen Folgen auf den Naturhaushalt hat der Grad der Versiegelung eines Stadtgebietes auch eine unmittelbare Auswirkung auf den **Lebensraum des Menschen**. So ist eine hohe Versiegelung meist gepaart mit einem Missverhältnis zwischen Einwohnerzahl und Freiflächenangebot. Die Aneinanderreihung von Gebäuden, häufig nur durch Asphalt- oder Betonflächen unterbrochen, kann auf die Bewohner eine bedrückende, monotone Wirkung haben. Natur, wie z. B. der Wechsel der Jahreszeiten, kann in der direkten Wohnumgebung nicht mehr erlebt werden. Naherholung am Stadtrand erzeugt wiederum Verkehr mit ebenfalls negativen Umweltauswirkungen.

Versiegelung und Flächeninanspruchnahme in Deutschland

Versiegelte Flächen nehmen in Deutschland 2010 einen Flächenanteil von ca. 6 % ein. Das entspricht einer versiegelten Fläche von 2,16 Mio. ha (Statistische Ämter der Länder 2011).

In der politischen Debatte wird allerdings vorwiegend der **Umweltindikator "Flächeninanspruchnahme"** erörtert, der auch in die nationale Nachhaltigkeitsstrategie Eingang gefunden hat.

Seit 2002 ist dort das Ziel formuliert bis 2020 den Flächenverbrauch auf 30 ha pro Tag zu reduzieren. Die tägliche Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke in Deutschland beträgt 78 ha (2009) (UBA 2011). Bundesweit ist dabei vor allem die Zunahme der Gebäude- und Freiflächen deutlich rückläufig. Die Zunahme der Verkehrsflächen liegt zwar niedriger als die Zunahme der Siedlungsflächen. Sie bleibt jedoch mit rund 23 ha pro Tag seit fast 20 Jahren konstant. Die Flächeninanspruchnahme hat sich in den letzten Jahren durch die wirtschaftliche Lage, den Rückgang von Straßenneubauten und die Versiegelungsvorschriften bei Neubauten verringert, ist aber noch weit entfernt vom Ziel 2020.

Die Flächeninanspruchnahme errechnet sich aus der täglichen Zunahme der **Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV)**. Diese ist nicht mit der versiegelten Fläche gleichzusetzen. In der SuV sind auch Flächen enthalten, die nur wenig versiegelt sind (Hausgärten, Kleingärten, Parkanlagen, Verkehrsgrün etc.).

Die Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat im Jahr 2005 eine Expertengruppe aus Bund und Ländern eingesetzt, um ein geeignetes Schätzverfahren zur Ermittlung der Bodenversiegelung auf Bundesländerebene zu entwickeln, das den Nachhaltigkeitsindikator "Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsfläche" um die Komponente Versiegelung erweitern sollte.

Die Ergebnisse der Expertengruppe fließen in die Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder (UGRdL) ein und wurden im Bericht "Indikator Versiegelung" dokumentiert (Frie & Hensel 2007).

(siehe auch Exkurs: Versiegelungsdaten 2011 und 2005 im Vergleich zum "Indikator Versiegelung" der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UGRdL))

Die mit der Nachhaltigkeitsstrategie angestrebte **Reduzierung des Flächenverbrauchs** soll durch flächensparendes Bauen, Verdichtung der Städte, Bündelung von Infrastruktur, Bereitstellung von Ausgleichsflächen und Wiedernutzbarmachung von nicht mehr genutzten Flächen (Flächenrecycling) erreicht werden. Mit der Steigerung der Qualität des Wohnumfeldes in den Siedlungen soll das verdichtete Wohnen in der Stadt wieder als Alternative zum Haus im Grünen etabliert werden. (Die Bundesregierung 2007). Länder und Kommunen sollen diese Ziele im Rahmen ihrer Raumordnungs- und Bauleitpläne umsetzen.

Auch mit **gesetzlichen Verpflichtungen** wird versucht Versiegelung zu reduzieren. Mit der Entsiegelungspflicht nach § 5 des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) von 1998 soll ein Ausgleich zum Flächenverbrauch geschaffen werden, indem nicht mehr genutzte Flächen entsiegelt und so für die natürlichen Bodenfunktionen nach § 2 Abs. 2 BBodSchG zurück gewonnen werden (Oerder 1999, 90ff). Da hierbei Kosten und Zumutbarkeit berücksichtigt werden, hat sich diese Regelung aber in der Praxis nicht bewährt.

Finanzielle Anreize auf privater Ebene können ebenfalls zur Reduzierung bestehender Versiegelungen führen. So gibt es z.B. seit dem 1. Januar 2000 in Berlin, eine getrennte Abrechnung des Niederschlagswasserentgeltes. Die Einführung dieses sogenannten **Entgeltsplittings** geht auf Urteile des Bundesverwaltungsgericht (Urt. v. 12.06.1972) und das Oberverwaltungsgericht Lüneburg (Urt. v. 14.06.1968 und 10.04.1980) zurück. Danach müssen Kommunen, in denen der Anteil der Kosten für die Ableitung des Niederschlagswassers mehr als 15 % der Gesamtkosten der Abwasserentsorgung beträgt, die Entgelte getrennt abrechnen. So ist das Niederschlagswasserentgelt nicht mehr proportional an das Abwasserentgelt gekoppelt. Es wird gemäß dem Anteil der versiegelten Fläche des Grundstücks berechnet, von dem aus in die Kanalisation eingeleitet wird (BWB 1998). Seit 2000 sind Eigentümer deshalb darauf bedacht die versiegelte Fläche ihres Grundstücks möglichst gering zu halten und damit Abwasserkosten zu sparen. Seit Inkrafttreten der neuen **Niederschlagswasserfreistellungsverordnung** von August 2001 (Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadloze Versickern von Niederschlagswasser - NWFreiV vom 24. August 2001) ist es möglich, erlaubnisfrei durch Maßnahmen zur Entlastung der Regenwasserkanalisation durch die Regenwasserversickerung auf dem eigenen Grundstück, eine anteilige oder vollständige Befreiung des Niederschlagswasserentgeltes zu erreichen (SenStadt 2001).

Datengrundlage

Versiegelungsdaten liegen für Berlin seit Anfang der 80er Jahre im Umweltatlas vor. Zunächst nur für den Westen der Stadt wurde nach der politischen Wende ein flächendeckender Datenbestand aufgebaut und im Zuge verschiedener Schwerpunktaktualisierungen fortgeschrieben.

In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Berlin, der Humboldt-Universität und der Firma Digitale Dienste Berlin wurde für die Ausgabe 2007 ein neues Verfahren der Versiegelungserhebung entwickelt. Dieses wurde für die Ausgabe 2012 erneut angewandt und zum Teil angepasst. Die bisher vorliegenden Datenbestände der Versiegelung beruhten auf uneinheitlichen Erhebungsmethoden, weshalb ein direkter Vergleich bisher nicht möglich war. Die erneut angewandte Erhebungsmethode ermöglicht nun einen flächendeckenden Vergleich der Versiegelungsgrade von 2005 und 2011.

Es wurden folgende Fachinformationen bzw. Geo-Daten sowie Satellitenbilddaten genutzt:

Informationssystem Stadt und Umwelt:

Blockkarte 1:5.000 (ISU 5) und Flächennutzungsdaten

Der Raumbezug des Informationssystems Stadt und Umwelt (ISU) orientiert sich an der Struktur der statistischen **Blöcke** des "Regionalen Bezugssystems" (RBS) des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg. Der Baublock wird jedoch zum Teil noch weiter in nutzungshomogene **Teilblöcke** untergliedert. Die etwa 25.000 Flächen der ISU 5-Struktur werden mit einem 16stelligen Schlüssel in einer Datenbank geführt in der neben der Flächengröße auch Informationen zur Nutzung gespeichert sind.

Es werden [52 Flächentypen](#) mit homogener Nutzungs- und Raumstruktur unterschieden.

Für die Versiegelungskartierung wurde die ISU 5 mit dem Stand 31.12.2010 verwendet. Die ISU-Daten wurden im Auswertungsprozess folgendermaßen genutzt:

- Die Geometriedaten dienen der Abgrenzung von Blockflächen und der Separierung von Straßen und Gewässern. Flächen außerhalb der statistischen Blöcke wurden nicht analysiert.
- Die Versiegelungsgrade wurden auf der Ebene der Teil- und Blockflächen des ISU berechnet.
- Die Nutzungsdaten des ISU dienen der Stratifizierung des Stadtgebietes und flossen in die regelbasierte Klassifizierung ein.

Im Zuge der Aktualisierung des Datenbestandes 2010 wurden neben der Fortschreibung der Blockgeometrien auch die Kategorien und Informationen zu [Flächennutzung](#) und [Stadtstruktur](#) überarbeitet. Dabei wurden Veränderungen in der Kartiermethodik, z.B. bei der Definition von Flächentypen vorgenommen, die Auswirkungen auf die, für den Datenbestand 2005 entwickelte Methode der Versiegelungskartierung haben. Für die Versiegelungserhebung 2011 mussten dadurch einige Verfahrens Anpassungen vorgenommen werden.

Automatisierte Liegenschaftskarte - ALK

In Berlin werden die grundstücksbezogenen Sach- und Geometriedaten des Liegenschaftskatasters als Automatisiertes Liegenschaftsbuch (ALB) und Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) geführt. Der Datenbestand der ALK-Berlin umfasst die gesamte Fläche des Landes Berlin und besteht aus ca. 1,5 Mio. Objekten, in erster Linie Flurstücke und Gebäude.

Verwendet wurden die Vektordaten der ALK mit dem Bearbeitungsstand vom Dezember 2010 für die **Abgrenzung der Gebäude** innerhalb der ISU-Blockfläche und die Festlegung der Restfläche als unbebaute Blockfläche und damit als Analysefläche der Satellitenbilddatenauswertung.

Im Hinblick auf die Einbindung der ALK-Daten in den Auswertungsprozess war zu beachten, dass häufig Anlagen auf Bahngelände und S-Bahnhöfe sowie Gebäude auf Industrie- und Gewerbeflächen fehlten. Auf Grund einer Definitionsänderung von Gebäuden sind Gartenlauben innerhalb von Kleingartensiedlungen nicht mehr in der aktuellen ALK vorhanden.

Karte von Berlin 1:5.000 - K5

Die Karte von Berlin 1 : 5.000 (K5) des Landeskartenwerkes wird von den Berliner Bezirken auf Grundlage der ALK-Berlin erstellt. Für die Versiegelungskartierung wurden die in der K5 abgebildeten oberirdischen Bahnlinien, soweit von den Bezirken bereitgestellt, mit dem Bearbeitungsstand von Januar 2006 genutzt.

Die flächenscharfe Erfassung der **Gleiskörper** wurde vor allem für die Kartierung der beschatteten Waldstrecken, wie z.B. nördlich des Müggelsees, verwendet.

Orthophotos

Die verwendeten flächendeckenden digitalen Orthophotos wurden mit Echtfarb-Luftbildmaterial im Juli und August 2010 aufgenommen. Sie liegen im Blattschnitt der K5 mit einer Auflösung von 0,25 m vor und wurden für folgende Arbeitsschritte verwendet:

- Ermittlung und Abgrenzung von Referenzflächen,
- Ermittlung und Abgrenzung von Korrekturflächen (z.B. nicht erfasste Gewässer).

Versiegelungsdaten der Berliner Wasserbetriebe

Innerhalb des Auswertungsverfahrens werden für bestimmte Flächentypen sogenannte Korrekturfaktoren zur Ermittlung des Versiegelungsgrads angewendet. Dies dient dazu, den Blick aus der Luft, von wo aus die Versiegelung zum Teil stark von Bäumen verdeckt ist, mit gültigen Versiegelungsinformationen zu korrigieren. Die 2007 entwickelten und geprüften Korrekturfaktoren werden erneut genutzt. Die Ermittlung der Korrekturfaktoren erfolgte anhand der Versiegelungsinformationen der Berliner Wasserbetriebe (BWB). Diese wurden ab Januar 2000 im Zusammenhang mit der oben erwähnten veränderten Berechnung des **Niederschlagswasserentgeltes** erhoben. Zur ersten Erfassung der versiegelten Flächen der Grundstücke dienten den BWB **Luftbilder** und die **ALK**. Des Weiteren wurden die überprüften Informationen der **Grundstückseigentümer** eingearbeitet (WTE 2004). Die grundstücksgenaue Daten wurden auf Blockteilflächenebene des ISU aggregiert und standen mit dem Stand 2001 für die Auswertung zur Verfügung. Verwendet wurden nur die Angaben zur un bebaut versiegelten Fläche. Durch die flurstücksgenaue Betrachtung und **Erhebung vor Ort** wurde ein sehr **hoher Genauigkeitsgrad der Versiegelungsangaben** erreicht.

Multispektrale SPOT5-Szene

Im Jahr 2011 wurde die Aufnahme einer SPOT5-Szene von Berlin in Auftrag gegeben. Für die Verfahrensentwicklung und die Erstellung der Versiegelungskarte konnte letztlich eine multispektrale SPOT5-Szene vom 8. Mai 2011 als systemkorrigierter Datensatz genutzt werden. Die Bodenauflösung der Szene beträgt im Original 10 m x 10 m und wurde im Auswertungsverfahren auf bis zu 2,5 m x 2,5 m verfeinert. Es handelte sich um eine **wolkenfreie Aufnahme**. Die Belaubung ist weitgehend abgeschlossen. Im Unterschied zur 2005er Szene ist die Wiesen- und Parkvegetation überwiegend sehr vital. Vereinzelt sind in stadtrandnahen Wiesenbereichen Vernässungen erkennbar. Der Schwenkwinkel betrug ca. 11°. Im Vergleich zur 2005er Szene aus dem Monat September ist der Schattenanteil in der aktuellen Mai-Aufnahme aufgrund des höheren Sonnenstands zum Aufnahmezeitpunkt deutlich geringer.

Methode

Das Auswertungsverfahren beruht auf der Verwendung von **ALK-Daten** für die **bebaut versiegelten Flächen** und auf der Analyse von hoch auflösenden multispektralen Satellitenbilddaten für die **un bebaut versiegelten Flächen**.

Es kam erneut eine SPOT5-Szene zum Einsatz. Im Klassifizierungsprozess werden **Fachinformationen des Umweltatlas**, des Informationssystems Stadt und Umwelt (ISU) sowie die bereits erhobenen Korrekturfaktoren, die aus **Daten der Berliner Wasserbetriebe** (BWB-Daten) entwickelt wurden, eingebunden. Als Bezugsflächen dienen die statistischen Blöcke des ISU.

Das Kartierungsverfahren musste auf Grund der neuen Satellitenbildszenen und der Veränderungen der ISU-Flächentypen von 2010 geringfügig angepasst werden und gliedert sich in drei Auswertungsstufen:

- Kartierung der bebaut versiegelten Fläche,
- Kartierung der un bebaut versiegelten Fläche,
- Ableitung des Versiegelungsgrads.

Die Versiegelungskartierung konzentriert sich auf die Flächen der statistischen Blöcke, Verkehrswege und Gewässerflächen bleiben unberücksichtigt. Die folgende Abbildung verdeutlicht den Einsatz der verschiedenen Fach-, Geo- und Satellitenbilddaten bei der Versiegelungskartierung von Berlin.

Der vollständige **Abschlussbericht zur Versiegelungskartierung 2011** kann als pdf-Datei aus dem Kapitel Literatur heruntergeladen werden.

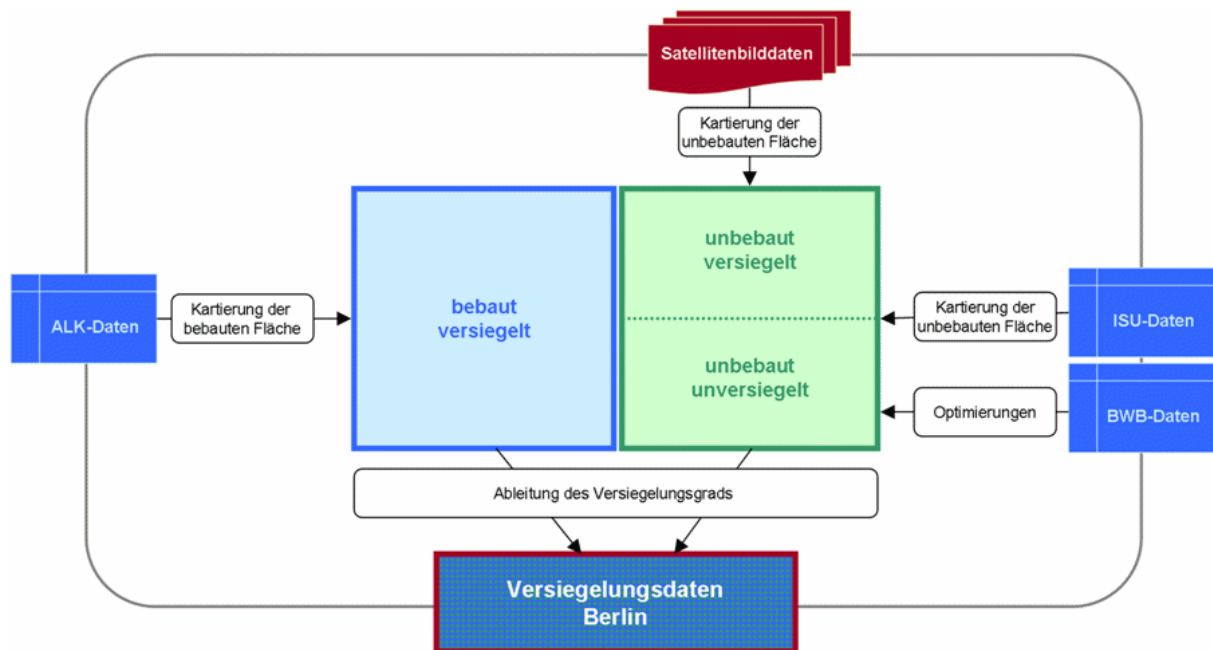


Abb. 2: Schema des hybriden Kartierverfahrens

Kartierung der bebaut versiegelten Fläche

Die Abgrenzung der bebaut versiegelten Flächen erfolgte ausschließlich auf Basis von ALK-Daten. Deren Einbindung in den Kartierungsprozess bildete den ersten Baustein des hybriden Verfahrensansatzes. Für diese Flächen erfolgte keine Auswertung über Satellitenbilddaten.

Im Hinblick auf die Kartierungsgenauigkeit der bebaut versiegelten Flächen sind die bekannten Probleme hinsichtlich der Aktualität von ALK-Daten zu beachten. Insbesondere Gebäude auf Industrie- und Gewerbeflächen sowie S-Bahnhöfe fehlen zum Teil bzw. sind nicht vollständig erfasst. Auf Grund einer Definitionsänderung von Gebäuden sind Gartenlauben innerhalb von Kleingartensiedlungen nicht mehr in der aktuellen ALK vorhanden. Der Anteil der bebaut versiegelten Fläche in Kleingartenanlagen musste deshalb gesondert berechnet werden.

Kartierung der unbebaut versiegelten Fläche

Für die Kartierung der unbebaut versiegelten Fläche diente ein Klassifizierungsansatz, in den Satellitenbilddaten (SPOT5) und Geo-Daten (ALK, ISU) einfließen und miteinander kombiniert wurden. Das Verfahren berücksichtigte dabei folgende Kriterien:

- Kartierung der gesamten Stadtfläche,
- geringer Zeit- und Arbeitsaufwand für die Vorprozessierung der Satellitenbilddaten:
 - Verwendung geokodierter, systemkorrigierter Daten,
 - Abdeckung des Stadtgebiets mit möglichst wenigen Szenen,
- geringer Zeitaufwand für die Analyse der Satellitenbild- und Geo-Daten,
- Beschränkung von terrestrischen Aufnahmen bzw. Kontrollen auf ein erforderliches Mindestmaß,
- flexible Sensor- und Szenenauswahl,
- Realisierung eines hohen Automatisierungsgrades,

- Vergleichbarkeit mit den vorhandenen Versiegelungsgraden von 2005,
- Integration der Kartierungsergebnisse ins ISU.

Die Satellitenbilddatenauswertung gliedert sich in die folgenden Auswertungsschwerpunkte.

Fernerkundungsrelevante Kategorisierung der Flächentypen

Zur Verbesserung der Kartierungsergebnisse erfolgte eine Kategorisierung der ISU-Flächentypen nach den fernerkundungsrelevanten Kriterien Bebauungshöhe, Vegetationshöhe, Reflexionseigenschaften, Heterogenität und Relief sowie der durchschnittlichen Versiegelungsgrade des Altdatenbestandes (2001). Dies gewährleistet räumlich getrennte Teilklassifizierungen und einer jeweils optimierten Methodenauswahl. Es wurden **18 Kategorien** ausgewiesen, die an die 2010 veränderten [ISU-Flächentypen](#) angepasst werden mussten.

Einigen Anpassung haben auch Auswirkungen auf den Veränderungsnachweis zwischen 2005 und 2011 und erfordern eine besondere Beachtung. Im Zuge der Aktualisierung der ISU-Flächentypen 2010 wurden Nutzungen nicht nur aktualisiert sondern auch korrigiert. Innerhalb der automatischen Auswertung werden so unveränderten Blockflächen unterschiedliche Versiegelungsgrade zugewiesen (**Pseudo-Veränderungen**). Dies trifft auf 718 Blöcke zu. Bei 244 Blockflächen hat sich zwischen 2005 und 2010 die ISU-Blockgeometrie stark geändert, d.h. die Flächengröße hat sich um größer 10 % verändert. Auch hier können Pseudo-Veränderungen in der Versiegelungskartierung auftreten.

Spektrale Klassifizierung der unbebauten Fläche

Mit Hilfe einer automatischen Klassifikation wurden die vom Sensor des Satelliten erfassten Daten weiterverarbeitet.

Zunächst wurde der **Vegetationsgrad** der unbebauten Blockanteile mittels des **Normalisierten Vegetationsindex (NDVI)** ermittelt.

NDVI steht für "Normalized Differenced Vegetation Index" zu deutsch: "normalisierter differenzierter Vegetationsindex".

Der Index beruht auf der Tatsache, dass Vegetation im sichtbaren Spektralbereich (Wellenlänge von etwa 400 bis 700 nm) relativ wenig und im darauf folgenden nahen Infrarot-Bereich (Wellenlänge von etwa 700 bis 1300 nm) relativ viel Strahlung reflektiert. Dabei ist die Reflexion im nahen Infrarot stark mit der Vitalität einer Pflanze korreliert - je vitaler die Pflanze, desto größer ist der Anstieg des Reflexionsgrades in diesem Spektralbereich. Andere Oberflächenmaterialien, wie Boden, Fels oder auch tote Vegetation, zeigen keinen solchen kennzeichnenden Unterschied des Reflexionsgrades beider Bereiche. Dieser Umstand kann folglich dazu dienen, zum einen mit Vegetation bedeckte von unbedeckten Flächen zu unterscheiden und zudem auf die photosynthetische Aktivität, Vitalität sowie Dichte der Vegetationsdecke zu schließen. Durch die Normierung ergibt sich ein Wertebereich zwischen -1 und +1, wobei positive Werte nahe 1 so etwas wie "viele, gesunde, photosynthetisch aktive Pflanzen pro Fläche" bedeuten (Wikipedia 2007).

Speziell untersucht werden mussten weiterhin besonders relevante Oberflächenmaterialien, wie **Sand, Asche und Tenne, Gleisschotter, Kunstbeläge sowie beschattete Flächen**, die häufig fehlerhaft ausgewertet werden.

Abbildung 3 zeigt die spektrale Klassifizierung, die sich in sechs Teilauswertungen gliedert.

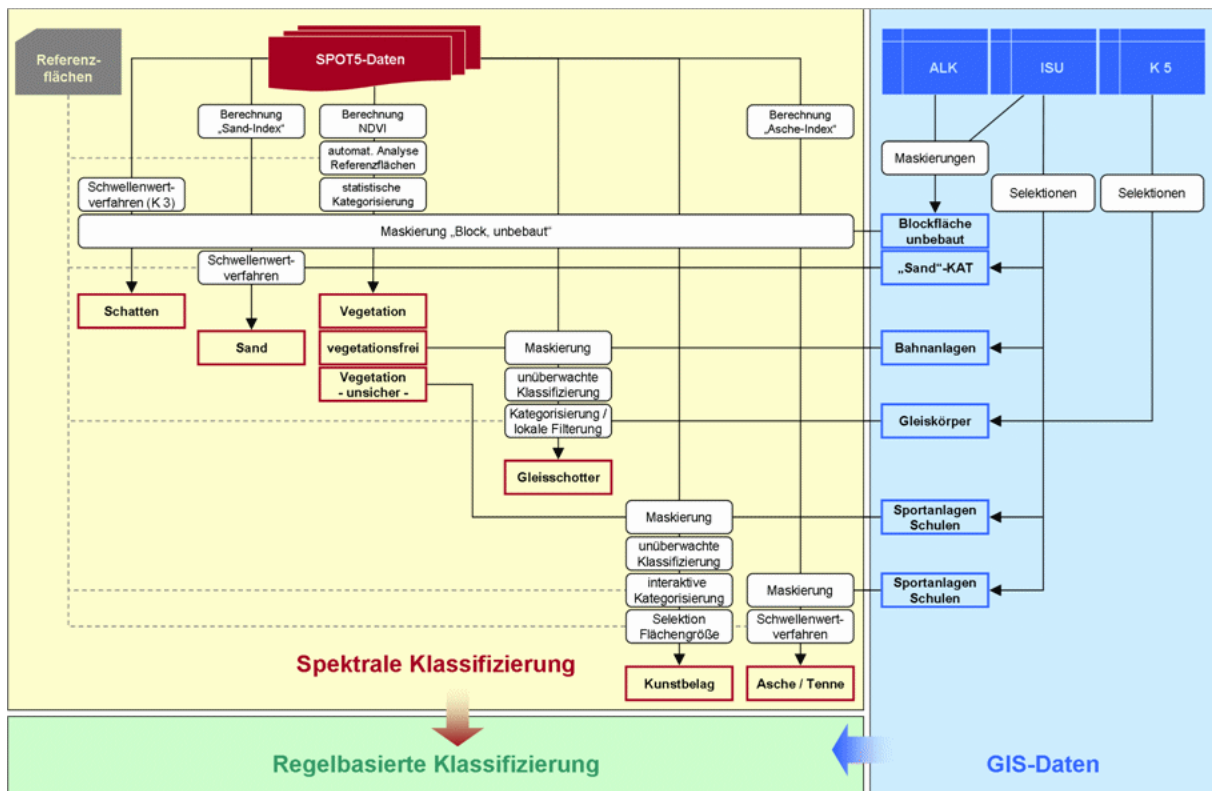


Abb. 3: Schema der spektralen Klassifizierung der unbebauten Flächen

Aus den zu ermittelnden **Vegetationsgraden** pro Pixel werden schrittweise die **Versiegelungsgrade** abgeleitet. Das Verfahren basiert auf folgenden Annahmen:

- Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen NDVI und Vegetationsgrad: je höher der NDVI-Wert, desto mehr (vitale) Vegetation ist vorhanden.
- Es besteht eine hohe negative Korrelation zwischen Vegetationsgrad und Versiegelungsgrad.

Vegetationsfreie Oberflächen (**Vegetationsgrad 0 %**) werden in niedrigen bis sehr niedrigen Index-Werten wiedergegeben. Weitergehende Unterscheidungen von versiegelten und unversiegelten Bereichen sind mittels NDVI nicht sicher möglich.

Vollständig von grüner Vegetation bedeckte Oberflächen (**Vegetationsgrad 100 %**) wie Wälder oder Grünland werden überwiegend in hohen bis sehr hohen Index-Werten wiedergegeben. Diese Bereiche wurden als unversiegelt eingestuft.

Das Problem der lokalen **Verdeckung von versiegelten Flächen durch Baumkronen** ist über die Auswertung von Satellitenbilddaten nicht lösbar. Um diesen "Fehler" zu verringern wurden mit Hilfe der ISU-Daten **kontextbezogene Korrekturfaktoren** ermittelt und angewendet. Methodisch anspruchsvoll war das Erfassen und Unterscheiden von Abstufungen des Vegetationsgrades (Vegetationsgrad > 0 % und < 100 %). Mittlere Index-Werte dominierten. Es war zu berücksichtigen, dass gleiche Index-Werte aus unterschiedlichen Mischsignaturen hervorgehen können.

Die vorliegende Verfahrensentwicklung griff diese Unterschiede auf: NDVI-Werte, die auf teilweise vegetationsbedeckte Flächen hinweisen (Vegetationsgrad > 0 %), wurden differenziert betrachtet und in der **regelbasierten Klassifizierung je nach Flächentyp-Kategorie oder Flächentyp** unterschiedlichen Versiegelungsgraden zugeordnet.

Aufbauend auf diesen Ansatz wurden 12 NDVI-Kategorien festgelegt (vgl. Tabelle 2).

Im Rahmen der **Veränderungskartierung** sollen die Versiegelungsgrade von 2005 mit denen von 2011 verglichen werden. Dabei müssen die spektralen Eigenschaften und phänologischen Gegebenheiten einer Satellitenbildszene von Mai mit einer Satellitenbildszene von September beachtet und vergleichbar gemacht werden. Hierzu wurde die 2011er Satellitenbilddaufnahme auf die vorhandene Referenz-Szene von 2005, die sogenannte Masterszene, geometrisch und auch radiometrisch angepasst.

Gleisschotter sollte im Rahmen der Nutzung der Versiegelungsdaten unterschiedlich bewertet werden können. Für einige Fragestellungen werden diese Areale als versiegelt betrachtet, für andere wird ihnen eher der Charakter unversiegelter Flächen zugesprochen, daher wurden entsprechende Flächen innerhalb von Gleisanlagen separat erfasst. Es wurde eine Klasse "Gleisschotter" ausgewiesen, die optional beiden Versiegelungskategorien zugewiesen werden kann.

Durch die räumliche Verzahnung der Materialien Eisen, Schotter, teilweise auch Holzschwellen ergab sich eine tendenziell charakteristische Reflexion von Gleisschotter. Die Erfassung wurde durch eine klassentypisch spektrale Heterogenität erschwert. Insbesondere die Abgrenzung zu versiegelten Oberflächen wie Straßen war nicht sicher möglich. Um Fehlkartierungen zu vermeiden, erfolgte die Kartierung von Schotter ausschließlich innerhalb der Flächentyp-Kategorie "Bahnanlagen ohne Gleiskörper" und "Gleiskörper". Zusätzlich wurde das Streckennetz der K5 genutzt, wodurch auch die mit Baumkronen überdeckten Gleise ermittelt werden konnten.

Die korrigierten **Teilklassifizierungen** wurden zu einem Datensatz zusammengeführt, der auf Pixelbasis die Grundlage für die nachfolgende regelbasierte Klassifizierung bildete. Kartierte Sandflächen, Kunstbeläge sowie Gleisschotter wurden mit den bebaut versiegelten Gebäudeflächen aus der ALK zur **klassifizierten Gesamtblockfläche** aggregiert.

Die Klasse "Schatten" blieb von anderen Klassen weiterhin separiert.

Regelbasierte Klassifizierung

In der regelbasierten Klassifizierung wurden die Ergebnisse der spektralen Klassifizierung mit ISU-Daten (Flächentypen) verknüpft und Versiegelungsgrade auf Pixelebene abgeleitet. Hierzu wurde zunächst das in Ausgabe 2007 entwickelte Regelwerk angewendet und eine Vorkartierung für 2011 durchgeführt. Einen schematischen Überblick hierfür gibt Abbildung 4.

Um die Vergleichbarkeit von zwei monotemporal abgeleiteten regelbasierten Klassifizierungen zu verbessern, wurde in einem zweiten Schritt eine multitemporale Veränderungsanalyse der Satellitenbilddaten zwischen 2005 und 2011 durchgeführt.

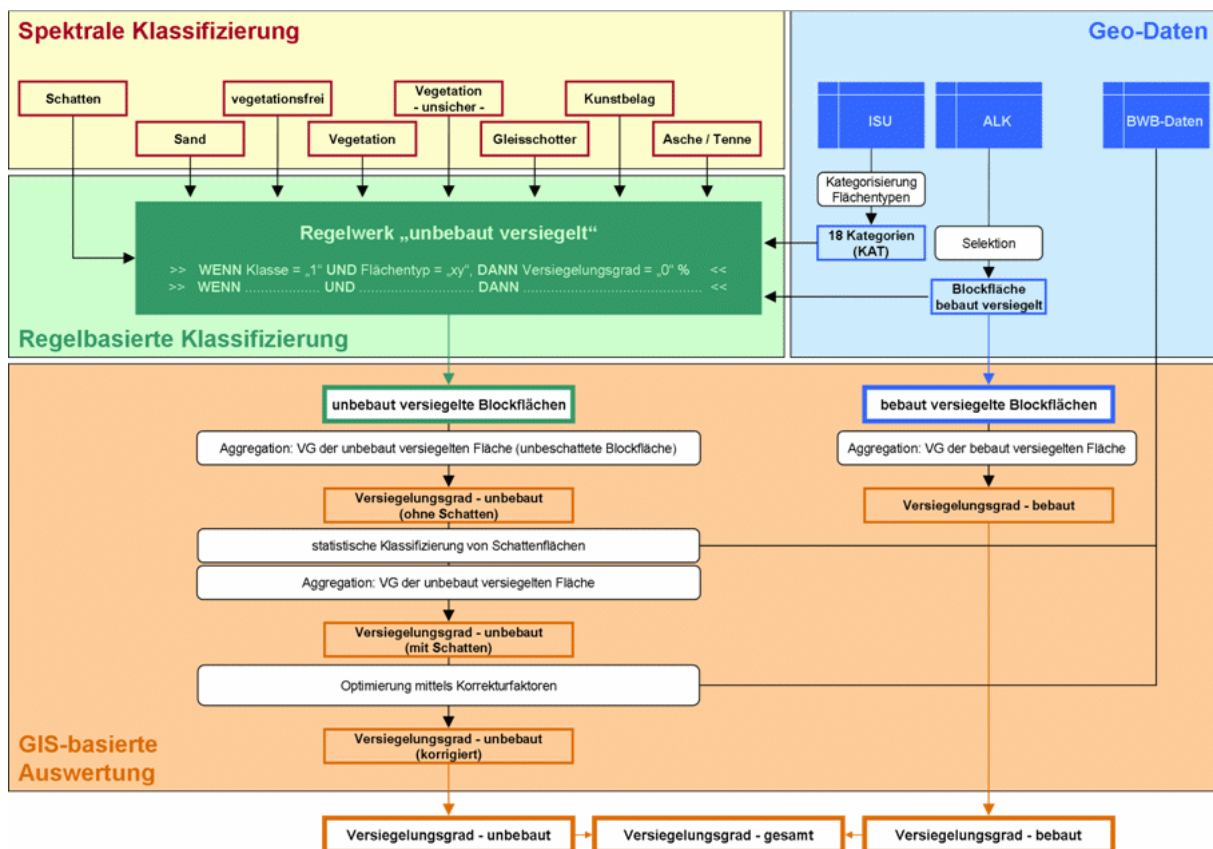


Abb. 4: Schema der regelbasierten Klassifizierung

Es erfolgte die Zuweisung der Klassen und der NDVI-Kategorien zu Versiegelungsgraden. Eine zuverlässige Abgrenzung von vollständig vegetationsfreien und vollständig vegetationsbedeckten

Flächen wurde in den NDVI-Kategorien 1 und 12 (niedrigste bzw. höchste NDVI-Werte) erzielt. Entsprechende **Schwellenwerte** wurden automatisiert mittels **Referenzflächen** abgeleitet.

- NDVI-Kategorie 12 "Vegetation - sicher".
Im Regelwerk wurden entsprechende Flächen als 0 % versiegelt eingestuft. Dies galt für alle Flächentyp-Kategorien.
- NDVI-Kategorie 1 "vegetationsfrei - sicher".
Vegetationsfreie Flächen wurden erst dann als 100 % versiegelt betrachtet, wenn diese weder als "Sand" noch als "Gleisschotter" erfasst wurden.

Der Wertebereich zwischen den genannten NDVI-Grenzen ist mittels Intervallskalierung in weitere 10 NDVI-Kategorien "Vegetation - unsicher" aufgesplittet. Diese mussten in Abhängigkeit von Flächentyp-Kategorien bzw. Flächentypen unterschiedlich interpretiert werden, um eine zuverlässige Zuordnung von Vegetations- und Versiegelungsgrad zu erreichen. Es wurden daher insgesamt **3 Zuweisungsvarianten** festgelegt (Tabelle 2). Für jede NDVI- und Versiegelungs-Kategorie wurde der mittlere Prozentwert als Umrechnungsfaktor festgelegt (5 %, 15 %, ..., 95 %).

Es flossen Empfehlungen aus der Konzeptstudie, Auswertungsergebnisse von Haag 2006 sowie Erkenntnisse aus Luftbildinterpretationen und Geländebegehungen ein. Auch Ergebnisse aus der Verfahrensvalidierung ([vgl. Validierung, Ausgabe 2007](#)) wurden zur iterativen Verfahrensoptimierung berücksichtigt.

		NDVI (Kategorien und Vegetationsgrad)														
		KAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
		%	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100		
Versiegelungs- grad	%	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A	Zuweisungs- variante
	%	100	95	85	75	65	55	45	35	25	15	5	0	B		
	%	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	C		

Umrechnungsfaktoren für Berechnung der Pixelwerte: Versiegelungsgrad 100 % = 1,00; 95 % = 0,95 usw.

Tabelle 2: Zuweisungsvarianten: Vegetationsgrad - Versiegelungsgrad

Die Zuweisungsvarianten wurden auf bestimmte Flächentypen abgestimmt, die von der räumlichen Verzahnung und den Nachbarschaften verschiedener Oberflächenmaterialien und Objektarten geprägt sind.

- **Zuweisungsvariante A: Vegetation und unversiegelte vegetationsfreie Flächen.**
Zwischenstufen des Vegetationsgrads (5 % - 95 %) wurden als Mischsignaturen von Vegetation und anderen unversiegelten Oberflächenbedeckungsarten interpretiert. Entsprechende Flächen wurden somit als unversiegelt eingestuft.
Beispiele: Brachfläche, Wald, Landwirtschaft.
- **Zuweisungsvariante B: Vegetation und versiegelte vegetationsfreie Flächen.**
Die charakteristischen Oberflächenmaterialien ließen einen geringeren Anteil vegetationsfreier unversiegelter Bereiche erwarten. Zwischenstufen des Vegetationsgrades wurden daher als Mischsignaturen von Vegetation und versiegelten Oberflächen interpretiert. Der stufenweise Anstieg des Vegetationsgrads je Kategorie entsprach somit einem adäquaten Abfall des Versiegelungsgrads.
Beispiele: Kleingartenanlage, Verkehrsflächen, Blockrandbebauung.
- **Zuweisungsvariante C: Vegetation und versiegelte vegetationsfreie Flächen - Flächentyp "Flughafen".**
Eine Vielfalt versiegelter Oberflächen charakterisierte diesen Flächentyp. Einige Materialien wie z.B. Beton zeigten starke spektrale Überschneidungen mit Sand und offenem Boden. Entsprechende Blöcke geben zumeist Rollbahnen, Abstellflächen usw. innerhalb eines Flughafengeländes, Grünflächen waren zumeist als separate Blöcke abgegrenzt. Um eine sichere Separierung zu erreichen, hatte sich bewährt, Flächen mit geringem Vegetationsgrad (NDVI-Kategorien 2 bis 6) als vollständig versiegelt einzustufen.

Als Zwischenergebnis lagen somit die neue regelbasierte Klassifizierung von 2011 sowie die von 2005 vor. Mit dem Ziel, verlässliche Angaben zu Veränderungen des Versiegelungsgrads auf Blockebene zu erhalten, waren diese Kartierungen miteinander sowie mit der aktuellen ISU-Blockkarte zu verknüpfen.

Hierbei waren die folgenden Aspekte methodisch zu berücksichtigen:

- Erfassung von Veränderungsflächen und Eliminierung von Pseudo-Veränderungen mittels multitemporaler Veränderungskartierung,
- Vergleichbarkeit der Blöcke hinsichtlich Geometrie und Flächentyp-Kategorie.

Für die verlässliche Erfassung von Verdachtsflächen wurden zum einen die vorhandenen Satellitenbildaufnahmen von 2005 und 2011 für die unbebauten Flächen ausgewertet. Zum anderen wurden die ALK-Daten hinsichtlich möglicher Veränderungen innerhalb der bebaut versiegelten Fläche geprüft.

Einen Überblick über die Ableitung des Ergebnisses der regelbasierten Klassifizierung 2011 gibt Abbildung 5.

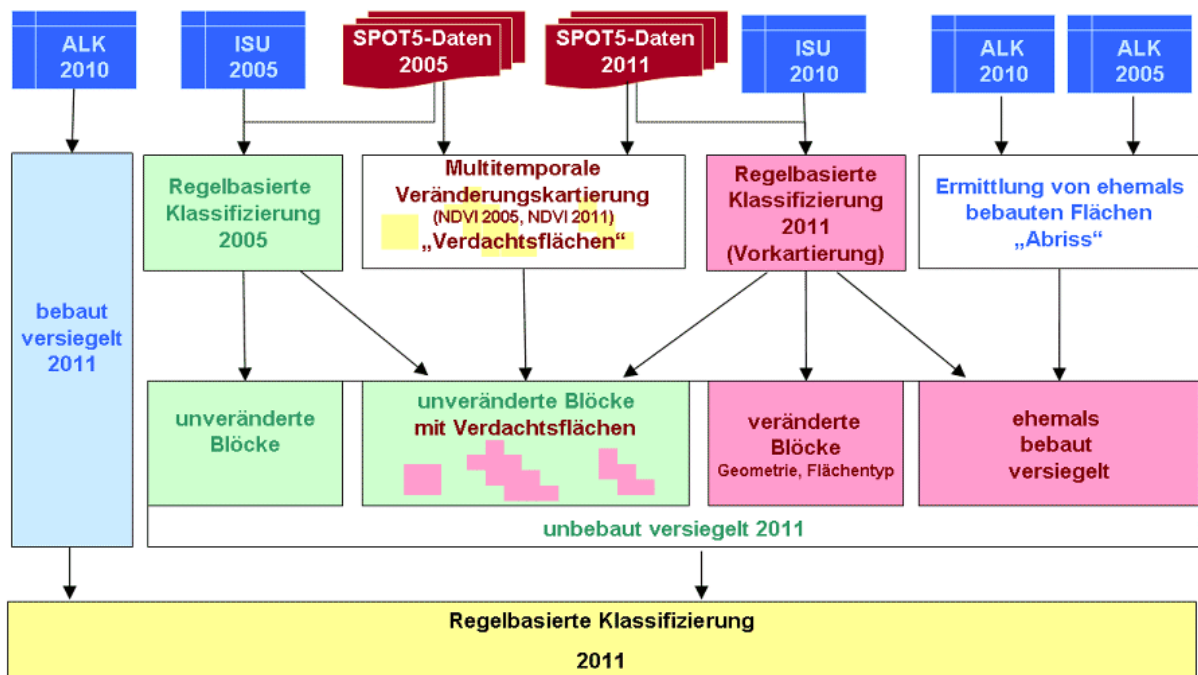


Abb. 5: Schema der regelbasierten Klassifizierung 2011

Die Erfassung von Veränderungsflächen erfolgte unter Berücksichtigung der unterschiedlichen phänologischen Einflüsse zu den Zeitpunkten der Mai- bzw. Septemberszenen. Die spektralen Reflexionen von vegetationsbedeckten Oberflächen können in Abhängigkeit von der Vegetationsentwicklung bzw. -vitalität variieren. Unveränderte Flächen werden folglich im Satellitenbild unterschiedlich abgebildet und können als sogenannte Pseudo-Veränderungen in automatisierten Auswertungen zu Fehlkartierungen führen.

Unter Verwendung des Verfahrens der Hauptkomponentenanalyse (Wikipedia 2012) wurden die jeweiligen NDVI-Kanäle von 2005 und 2011 analysiert und Verdachtsflächen statistisch abgeleitet, die aufgrund ihrer NDVI-Werte auf mögliche Veränderungen der Versiegelung hinweisen.

Die abschließende regelbasierte Klassifizierung 2011 wurde über ein Regelwerk aus der regelbasierten Klassifizierung 2005 und aus dem Zwischenergebnis von 2011 abgeleitet. Für unveränderte Blöcke wurde die Klassifizierung von 2005 übernommen. Die regelbasierte Klassifizierung von 2011 wurde in den folgenden Fällen übernommen:

- bei veränderten Blöcken (Veränderung des ISU-Flächentyps, stark abweichende Geometrieänderungen),
- bei Verdachtsflächen innerhalb unveränderter Blöcke (Veränderung der spektralen Eigenschaften unter Berücksichtigung der Phänologie, detektiert durch die Hauptkomponententransformation),

- bei ehemals bebauten Flächen, die laut aktueller ALK keine Bebauung mehr aufweisen (Abriss).

Das abschließende **Ergebnis der regelbasierten Klassifizierung** 2011 der unbebauten Blockflächen entsprach zugleich dem Endergebnis der Satellitenbildklassifizierung. Die unbebaut versiegelte Fläche wurde in der Klassifizierung mit den 12 **Versiegelungsgrad-Kategorien**, einer **Schatten-Klasse** sowie einer **Gleisschotter-Klasse** beschrieben.

Abbildung 6 zeigt die 12 Versiegelungsgrad-Kategorien, die Schatten- und Gleisschotter-Klassen sowie die bebaut versiegelten Flächen aus der ALK auf Rasterbasis. Aus diesem Zwischenergebnis (Rasterdaten) wurden im Folgenden mittlere Versiegelungsgrade pro Blockfläche berechnet (vgl. Berechnung der Versiegelungsgrade).



Abb. 6: Unkorrigierte Versiegelungsgrade (Rasterdaten) - Zwischenergebnis der regelbasierten Klassifizierung

Das im FIS-Broker als Karte [Versiegelung 2011 \(unkorrigierte Versiegelungsgrade, Rasterdaten\)](#) veröffentlichte Zwischenergebnis zeigt die Verteilung der Versiegelung innerhalb des Blocks. Ebenso wird der Einfluss des Schattens in den verschiedenen Blöcken sichtbar (die Karte 01.02 stellt dagegen den mittleren Versiegelungsgrad pro Blockfläche dar).

Berechnung der Versiegelungsgrade

Ziel der Versiegelungskartierung ist die Ableitung des **Versiegelungsgrades auf Blockebene**. Es wurden absolute und relative Flächenangaben berechnet. Unterschieden wurden drei Versiegelungsgrade (VG):

- VG - bebaut versiegelte Fläche (Berechnung aus ALK-Daten),
- VG - unbebaut versiegelte Fläche (Satellitenbilddatenauswertung),
- VG - gesamt (Summe aus oberen).

Für die Berechnungen wurden die Ergebnisse der **pixelbasierten Satellitenbildklassifizierung** mit den Flächen der **Blockkarte ISU 5** verschnitten.

Hierzu wurde zunächst eine **Summierung je Versiegelungsgrad-Kategorie und Blockfläche** durchgeführt. Für weiterführende Analysen konnte somit auf die Rasterdaten der Klassifizierung verzichtet werden.

Nun lagen für jeden Block und Teilblock insgesamt 15 Flächenangaben vor (m²):

- bebaute Fläche (aus der ALK),
- 12 Versiegelungsgrad-Kategorien der unbebauten Fläche (entsprechend den NDVI-Kategorien),
- Flächen mit Gleisschotter (optional 0 oder 100 % versiegelt) und
- Schattenfläche (unklassifiziert).

Zur weiteren **Verbesserung der Kartierungsergebnisse** wurden die folgenden Zusatzberechnungen vorgenommen.

Optionale Zuweisung des Versiegelungswerts für Gleisschotter

Die Klasse "Gleisschotter" wurde als eigenes Datenfeld mitgeführt und konnte wahlweise als unbebaut versiegelte (100 %) oder unbebaut unversiegelte Fläche (0 %) in die Berechnungen einfließen. Dies gewährleistet die unterschiedliche Bewertung von Schotter in Abhängigkeit von der jeweiligen thematischen Fragestellung. In der dargestellten Karte geht Gleisschotter zu 100 % versiegelt ein.

Klassifizierung der Schattenflächen

Den Schattenflächen wurden in einer nachträglichen Klassifizierung anhand der ISU-Daten bzw. der BWB-Daten auf Blockebene Versiegelungswerte zugewiesen.

Dabei wurden die Schattenflächen in Abhängigkeit des **Flächentyps** bewertet. Für Flächentypen mit überwiegender Wohnnutzung und ausreichenden BWB-Daten wurden letztere für die Klassifizierung der Schattenfläche genutzt. Für alle übrigen Flächentypen wurde die Schattenfläche anhand ihrer blockspezifischen Umgebung klassifiziert.

Abschätzung der bebaut und unbebaut versiegelten Fläche in der Kategorie "Kleingartenanlagen"

Die Versiegelungsdaten wiesen für die Kategorie "Kleingartenanlagen" nur den Gesamtversiegelungsgrad auf. Da in der ALK keine Gartenlauben und nur wenige Funktionshäuser kartiert waren, konnte nur selten die unbebaut versiegelte von der bebaut versiegelten Fläche differenziert werden. So wurde in der Satellitenbilddatenauswertung praktisch der Gesamtversiegelungsgrad ermittelt.

Für die vorliegende Versiegelungskartierung erfolgte die Differenzierung in bebaut und unbebaut versiegelte Fläche mit Hilfe von Durchschnittswerten der SenStadtUm, Referat I C Kleingartenwesen. Dabei wurde für den Westteil der Stadt ein Versiegelungsgrad der bebauten Fläche von 9,6 % und für den Ostteil von 8,6 % angenommen.

Anwendung von Korrekturfaktoren

Zur weiteren Verbesserung der Kartierungsergebnisse wurden sog. Korrekturfaktoren angewandt. Hierzu wurden die **Versiegelungsdaten der BWB** herangezogen. Das Prinzip der auf den Flächentyp bezogenen Korrekturen basierte auf folgenden begründeten Annahmen:

- die BWB-Daten waren zur Zeit der Entwicklung der Korrekturfaktoren noch weitgehend aktuell,
- die BWB-Daten waren aufgrund der Erfassungsmethode (terrestrische Begehung, Luftbildinterpretation, Eigentümerangaben) hinreichend genau,
- die einmalig berechneten Korrekturwerte sind auf zukünftige Auswertungen übertragbar, da sie systematische Tendenzen im gesamtstädtischen Vergleich beschreiben.

Aufgrund der Aktualität, der Überschneidungsproblematik, unterschiedlicher Versiegelungsdefinitionen und der fehlenden Versiegelungsermittlung einiger Nutzungstypen durch die BWB konnten nur für fünf **Flächentypen** Korrekturfaktoren berechnet werden (vgl. Tabelle 3).

Die Korrekturfaktoren wurden auf die unbebaute Fläche angewendet.

	Flächentyp (TYP)	BWB-Daten unbebaut versiegelte Fläche [m ²]	Klassif.-Ergebnis unbebaut versiegelte Fläche [m ²]	Korrektur- faktor
21	Dörfliche Mischbebauung	447.806	598.469	0,75
22	Reihen- und Doppelhäuser mit Garten	830.718	1.315.616	0,63
23	Freistehende Einfamilienhäuser mit Garten	4.129.760	6.349.315	0,65
24	Villen und Stadtvillen mit parkartigem Garten	1.353.980	1.411.935	0,96
25	Verdichtung in Einzelhausgebieten, Mischbebauung mit Gärten und halbprivate Umgrünung	1.133.823	1.367.805	0,83

Tabelle 3: Korrekturfaktor pro Flächentyp

Übernahme der Belagsarten von 2001

Die Belagsarten der unbebaut versiegelten Blockteile (Wege, Hofflächen etc.) wurden in vier Belagsartenklassen (von Beton bis Rasengittersteine) bestimmt. Die jeweilige Verteilung wurde für ausgewählte Testflächen ermittelt und die Ergebnisse auf alle Flächen des gleichen Flächentyps übertragen. Die typspezifische Belagsartenverteilung wurde für die vorliegende Karte nicht aktualisiert jedoch an die neuen ISU-Flächentypen von 2010 angepasst. Sie beruht auf Erhebungen aus dem Jahre 1988 (AGU Arbeitsgemeinschaft Umweltplanung 1988). Die Belagsarten sind in der Karte nicht abgebildet, können aber über die Sachdatenanzeige pro Blockfläche angezeigt werden.

Tab. 4: Belagsklassen an der unbebaut versiegelten Fläche				
Flächentyp	Anteil der jeweiligen Belagsklassen an der unbebaut versiegelten Fläche			
	1	2	3	4
	%			
Wohngebiete				
1 Dichte Blockbebauung, geschlossener Hinterhof, 5 - 6-geschossig	64	17	4	15
2 Geschlossene Blockbebauung, Hinterhof, 5-geschossig	56	22	3	19
3 Geschlossene und halboffene Blockbebauung, Schmuck- und Gartenhof, 4-geschossig	62	27	10	1
6 Mischbebauung, halboffener und offener Schuppenhof, 2-4-geschossig	46	29	13	12
7 Geschlossene und halboffene, entkernte Blockrandbebauung, Lückenschluss nach 1945	41	27	4	28
8 Heterogene, innerstädtische Mischbebauung, Lückenschluss nach 1945	45	28	13	14
9 Großsiedlungen und Punkthochhäuser, 4 – 11-geschossig	15	67	7	11
10 Blockrandbebauung mit Großhöfen, 3 – 5-geschossig	20	37	32	11
11 Zeilenbebauung mit landschaftlichem Siedlungsgrün, 3 – 6-geschossig	49	46	3	2
21 Dörfliche Mischbebauung	21	39	22	18
22 Reihen- und Doppelhäuser mit Garten	25	65	3	7
23 Freistehende Einfamilienhäuser mit Garten	18	74	2	6
24 Villen und Mietvillen mit parkartigem Garten	15	60	12	13
25 Verdichtung in Einzelhausgebieten, Mischbebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung	20	64	4	12
60 Sonstige und heterogene Gemeinbedarfs- und Sondergebiete	36	42	5	17
72 Zeilenbebauung mit architektonischem Zeilengrün, 3 – 5-geschossig	20	37	32	11
73 Siedlung der 1990er Jahre und jünger	20	60	10	10
29 Kerngebiet	50	34	9	7
Industrie-/Gewerbegebiete				
30 Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel mit geringer Bebauung	48	38	1	13
31 Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel mit dichter Bebauung	74	20	1	5
33 Mischgebiet, überwiegend Handwerk und Kleingewerbe, mit geringer Bebauung	48	38	1	13
38 Mischgebiet, überwiegend Handwerk und Kleingewerbe, mit dichter Bebauung	74	20	1	5
32 Flächen der Ver- und Entsorgung	31	56	1	12
Gemeinbedarf				
41 Sicherheit und Ordnung	54	25	3	18
43 Verwaltung	41	42	15	2
44 Hochschule und Forschung	15	70	12	3
45 Kultur	41	42	15	2
46 Krankenhaus	42	38	8	12
47 Kindertagesstätte	7	42	5	46
49 Kirche	65	7	16	12
51 Sonstige Jugendeinrichtungen	4	62	18	16
12 Altbau-Schule (Baujahr vor 1945)	57	32	4	7
13 Neubau-Schule (Baujahr nach 1945)	38	44	2	16
16 Ungedeckte Sportanlagen	noch nicht bestimmt			
17 Gedeckte Sportanlagen	noch nicht bestimmt			
Grün- und Freiflächen				
37 Kleingartenanlage	5	31	4	60
27 Friedhof	14	27	5	54
36 Baumschule / Gartenbau	35	45	9	11
53 Park / Grünfläche	30	20	5	45
54 Stadtplatz / Promenade	50	20	10	20
55 Wald	5	5	0	90
56 Landwirtschaft	10	10	0	80
57 Brachfläche	20	10	0	70
58 Campingplatz	20	20	0	60
59 Wochenendhäuser und kleingartenähnliche Gebiete	11	43	2	44
Verkehrsflächen				
91 Parkplatz	31	53	7	9
92 Bahnhöfe und Bahnanlagen ohne Gleiskörper	5	5	0	90
93 Flughafen	85	10	0	5
94 sonstige Verkehrsflächen	42	32	19	7
99 Gleiskörper	5	5	0	90

Tab. 4: Belagsklassen an der unbebaut versiegelten Fläche

Kartenbeschreibung

In der Karte wird der **Grad der Versiegelung**, d. h. die Bedeckung der Erdoberfläche mit undurchlässigen Materialien **in % der Bezugsfläche** (statistischer Block bzw. Teilblock) dargestellt. Insgesamt betrachtet nimmt der Grad der Versiegelung von der Innenstadt in Richtung Stadtrand ab, da die Bebauung zum Stadtrand hin lockerer wird und der Stadtrand entweder völlig unbebaut (Wald, Landwirtschaftsflächen) oder von Einzelhausgebieten geprägt ist. Ausnahmen hiervon sind die gewachsenen Zentren der bis 1920 selbständigen Städte wie Spandau und Köpenick. Sie sind zu etwa

60 %, in den Kernbereichen bis über 90 % versiegelt. Die großen Neubaugebiete am Stadtrand wie Marzahn, Hellersdorf und Hohenschönhausen oder die Gropiusstadt in Neukölln sowie die Thermometersiedlung in Lichterfelde sind zwischen 50 % und über 80 % versiegelt.

Die folgende Tabelle zeigt die durchschnittlichen Versiegelungsgrade von 2011 pro **Flächentyp**.

Die **höchsten Gesamtversiegelungsgrade** weisen die Flächentypen "Geschlossener Hinterhof" mit 84,5 %, "Kerngebiet" mit 81,9 % und "Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel, dichte Bebauung" mit 86,0 % auf. Die **niedrigsten Versiegelungsgrade** von jeweils um die 0 % haben die Flächentypen "Wald" und "Landwirtschaft" zu verzeichnen.

Tab. 5: Mittlere Versiegelungsgrade 2011								
Flächentyp 2010	Anzahl der Blöcke	Blockfläche [ha]	2011					
			versiegelte Fläche [ha]	Versiegelungsgrad [%]	bebaut versiegelte Fläche [ha]	bebaut versiegelte Fläche [%]	unbebaut versiegelte Fläche [ha]	unbebaut versiegelte Fläche [%]
1 Dichte Blockbebauung, geschlossener Hinterhof, 5 - 6-geschossig	179	252	213	84,5	156	62,0	57	22,5
2 Geschlossene Blockbebauung, Hinterhof, 5-geschossig	1.083	1.830	1.409	77,0	941	51,5	467	25,5
3 Geschlossene und halboffene Blockbebauung, Schmuck- und Gartenhof, 4-geschossig	510	806	516	64,0	318	39,5	198	24,5
6 Mischbebauung, halboffener und offener Schuppenhof, 2 - 4-geschossig	114	209	129	61,7	72	34,6	57	27,2
7 Entkernte Blockrandbebauung, Lückenschluss nach 1945	431	779	508	65,1	309	39,6	199	25,5
8 Heterogene, innerstädtische Mischbebauung, Lückenschluss nach 1945	56	137	90	65,9	52	38,4	38	27,5
9 Großsiedlungen und Punkthochhäuser, 4 - 11-geschossig	673	2.342	1.066	45,5	479	20,4	588	25,1
10 Blockrandbebauung mit Grobhöfen (1920-1940er), 3 - 5-geschossig	595	853	467	54,7	298	34,9	169	19,8
11 Freie Zeilenbebauung mit landschaftlichem Siedlungsgrün (1950-1970er), 3 - 6-geschossig	850	2.484	1.010	40,6	526	21,2	484	19,5
12 Altbau-Schule (Baujahr vor 1945)	186	319	169	53,1	81	25,3	89	27,8
13 Neubau-Schule (Baujahr nach 1945)	404	981	488	49,8	209	21,3	280	28,5
16 Sportanlagen, ungedeckt	486	1.812	615	34,0	112	6,2	503	27,8
17 Sportanlagen, gedeckt	52	97	47	48,4	22	22,4	25	26,0
21 Dörfliche Mischbebauung	121	431	146	33,9	77	17,8	69	16,1
22 Reihen- und Doppelhäuser mit Garten	844	1.485	459	30,9	269	18,1	190	12,8
23 Freistehende Einfamilienhäuser mit Garten	4.658	9.598	2.771	28,9	1.633	17,0	1.138	11,9
24 Villen und Stadtvillen mit parkartigem Garten	666	1.476	461	31,2	278	18,9	182	12,4
25 Verdichtung in Einzelhausgebieten, Mischbebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung	352	935	328	35,0	196	20,9	132	14,1
27 Friedhof	187	1.147	92	8,0	15	1,3	77	6,8
29 Kerngebiet	284	473	387	81,9	239	50,6	148	31,3
30 Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel, geringe Bebauung	1.052	4.687	3.052	65,1	1.161	24,8	1.891	40,3
31 Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel, dichte Bebauung	194	880	757	86,0	407	46,2	350	39,8
32 Flächen der Ver- und Entsorgung	120	620	284	45,9	87	14,1	197	31,8
33 Mischgebiet ohne Wohngebietscharakter, geringe Bebauung	147	399	246	61,6	113	28,4	133	33,3
36 Baumschule / Gartenbau	91	319	74	23,2	21	6,6	53	16,6
37 Kleingartenanlage	774	3.369	763	22,7	207	6,1	557	16,5
38 Mischgebiet ohne Wohngebietscharakter, dichte Bebauung	22	55	43	78,2	25	45,4	18	32,7
41 Sicherheit und Ordnung	93	633	252	39,8	95	15,0	157	24,8
43 Verwaltung	186	449	251	55,8	127	28,4	123	27,4
44 Hochschule und Forschung	105	472	218	46,1	106	22,4	112	23,7
45 Kultur	86	244	120	49,3	51	20,7	70	28,6
46 Krankenhaus	116	828	311	37,6	162	19,5	150	18,1
47 Kindertagesstätte	246	355	127	35,8	51	14,5	76	21,4
49 Kirche	115	104	40	38,6	18	17,1	22	21,5
51 Sonstige Jugendeinrichtungen	68	234	39	16,5	14	6,1	24	10,4
53 Park / Grünfläche	1.190	2.862	305	10,7	25	0,9	281	9,8
54 Stadtplatz / Promenade	106	66	25	37,9	1	2,0	24	35,9
55 Wald	2.796	16.629	44	0,3	14	0,1	30	0,2
56 Landwirtschaft	375	3.386	6	0,2	4	0,1	2	0,1
57 Brachfläche	940	3.595	29	0,8	12	0,3	17	0,5
58 Campingplatz	19	68	8	11,7	1	1,1	7	10,5
59 Wochenendhäuser und Kleingarten ähnliche Gebiete	243	776	203	26,2	66	8,5	137	17,6
60 Sonstige und heterogene Gemeinbedarfs- und Sondergebiete	143	543	195	35,9	78	14,3	117	21,6
72 Parallele Zeilenbebauung mit architektonischem Zeilengrün (1920-1930er), 3-5-geschossig	370	779	348	44,6	206	26,4	142	18,2
73 Geschosswohnungsbau der 1930er Jahre und jünger	324	515	288	56,0	139	27,1	149	28,9
91 Parkplatz	220	214	115	53,9	10	4,8	105	49,0
92 Bahnhof und Bahnanlage ohne Gleiskörper	264	428	194	45,4	39	9,1	155	36,3
93 Flughafen	40	440	140	31,7	17	3,8	123	28,0
94 sonstige Verkehrsflächen	561	380	195	51,4	27	7,2	168	44,2
99 Gleiskörper	557	1.291	563	43,6	9	0,7	554	42,9
Summe ohne Gewässer und ohne Straßen	24.294	74.067	20.606	27,8	9.574	12,9	11.032	14,9
100 Gewässer	667	5.397						
Summe mit Gewässer aber ohne Straßen	24.961	79.464	20.606	25,9	9.574	12,0	11.032	13,9
Straßen		9.630	8.584				8.584	89,1
Summe ohne Gewässer aber mit Straßen	24.294	83.697	29.190	34,9	9.574	11,4	19.616	23,4
Summe Berlin mit Gewässer und mit Straßen	24.961	89.094	29.190	32,8	9.574	10,7	19.616	22,0

Die Fläche der Straßen wurde als Differenz der Fläche Gesamtbereichs (nach Angaben des ISU) und der Fläche der Summe der Blöcke und der Gewässer bestimmt.
Der Versiegelungsgrad der Straßen beruht auf der Auswertung einer Straßenstatistik von SenStadt VI.C, die aber 8.790 ha umfasst. Der aus dieser Statistik ermittelte Versiegelungsgrad wurde als gültig auch für die restliche Straßenfläche angenommen.
Gleisschotter geht in der Berechnung wie in der Karte zu 100% versiegelt ein.
Es können Rundungsdifferenzen auftreten
Stand: 31.12.2011

Tab. 5: Mittlere Versiegelungsgrade von 2011 nach Flächentyp

Zur besseren Übersicht werden die Versiegelungsgrade auch für die jeweiligen **Flächennutzungen** (ISU-Kategorien) zusammengefasst. Wohngebiete haben einen durchschnittlichen Versiegelungsgrad von 39,5 %. Den höchsten mittleren Versiegelungsgrad weisen mit 81,9 % die Kerngebiete auf, die niedrigsten treten bei "Wald" und "Ackerland" auf.

Tab 6: Mittlere Versiegelungsgrade nach Flächennutzung									
Nutzung		Anzahl der Blöcke	Blockfläche [ha]	versiegelte Fläche [ha]	Versiegelungsgrad [%]	bebaut versiegelte Fläche [ha]	bebaut versiegelte Fläche [%]	unbebaut versiegelte Fläche [ha]	unbebaut versiegelte Fläche [%]
10	Wohngebiet	11.104	23.333	9.214	39,5	5.342	22,9	3.872	16,6
21	Mischgebiet	874	1.991	1.266	63,6	740	37,2	526	26,4
30	Kerngebiet	285	475	389	81,9	240	50,6	149	31,4
40	Gewerbe- und Industriegebiet	1.159	5.265	3.696	70,2	1.545	29,3	2.151	40,9
50	Gemeinbedarfs- und Sondernutzungen	1.581	4.455	2.078	46,7	947	21,3	1.131	25,4
60	Ver- und Entsorgungseinrichtungen	101	544	274	50,3	84	15,5	189	34,8
70	Wochenendhausgebiet	243	776	203	26,2	66	8,5	137	17,6
80	Verkehrsfläche	855	1.723	1.030	59,8	94	5,4	936	54,3
100	Wald	2.692	15.772	51	0,3	23	0,1	28	0,2
121	Grünland (Wiesen u. Weiden)	205	1.142	4	0,4	2	0,2	2	0,2
122	Ackerland	177	2.277	7	0,3	2	0,1	5	0,2
130	Park, Grünfläche	1.941	4.970	438	8,8	54	1,1	384	7,7
140	Stadtplatz/Promenade	218	114	46	40,4	4	3,3	42	37,1
150	Friedhof	189	1.148	93	8,1	15	1,3	78	6,8
160	Kleingarten	785	3.386	767	22,7	207	6,1	560	16,6
171 bis 173	Brachfläche	1.251	4.441	304	6,8	51	1,2	253	5,7
190	Sportplatz/Freibad (inkl. Wassersport, Tennis, Reiten etc.)	538	1.909	662	34,7	134	7,0	528	27,7
200	Baumschule/Gartenbau	96	346	84	24,4	24	6,8	61	17,6
	Summe ohne Gewässer und ohne Straßen	24.294	74.067	20.606	27,8	9.574	12,9	11.032	14,9
110	Gewässer	667	5.397						
	Summe mit Gewässern und ohne Straßen	24.961	79.464	20.606	25,9	9.574	12,0	11.032	13,9
	Straßen		9.630	8.584				8.584	89,1
	Summe ohne Gewässer und mit Straßen	24.294	83.697	29.190	34,9	9.574	11,4	19.616	23,4
	Summe Berlin mit Gewässern und Straßen	24.961	89.094	29.190	32,8	9.574	10,7	19.616	22,0

Die Fläche der Straßen wurde als Differenz der Fläche Gesamtberlins (nach ISU) und der Fläche der Summe der Blöcke und der Gewässer bestimmt.
Der Versiegelungsgrad der Straßen beruht auf der Auswertung einer Straßenstatistik von SenStadt VI C, die aber 8.790 ha umfasst.
Der aus dieser Statistik ermittelte Versiegelungsgrad wurde als gültig auch für die restliche Straßenfläche angenommen.
Es können Rundungsdifferenzen auftreten.
Stand: 31.12.2011

Tab. 6: Mittlere Versiegelungsgrade von 2011 nach Flächennutzung

Die statistischen Blöcke und Teilblöcke Berlins (ohne Straßen und Gewässer) sind durchschnittlich zu 27,8 % versiegelt. Davon entfallen 12,9 % auf die bebaut versiegelten Flächen und 14,9 % auf die unbebaut versiegelten Flächen. **Inklusive Gewässer und Straßenland ist Berlin zu 32,8 % versiegelt.** Davon entfallen 10,7 % auf die bebaut versiegelten Flächen und 12,4 % auf die unbebaut versiegelten Flächen. Bei 9,6 % Berlins handelt es sich um versiegelte Straßen. Berlin ist also zu einem Drittel versiegelt. Die Versiegelung besteht wiederum zu je einem Drittel aus Gebäuden, aus Straßen und aus unbebaut versiegelten Flächen.

Versiegelung der Bezirke

Für die **bezirksbezogene Auswertung** wurde der durchschnittliche Versiegelungsgrad des Straßenlandes errechnet. Hierfür wurde eine Statistik zu Befestigung und Fahrbahnbelägen Berliner Straßen, Rad- und Gehwege (SenStadt 2006) ausgewertet.

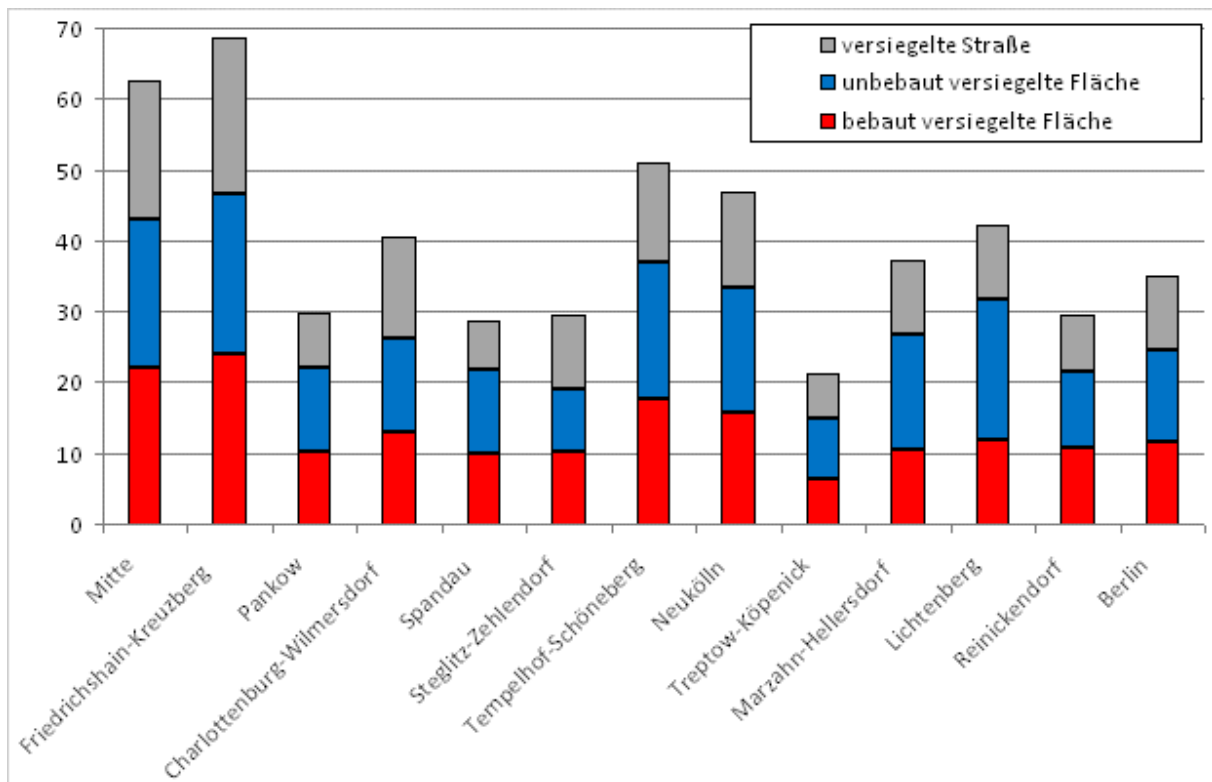


Abb. 7: Versiegelungsgrad nach Bezirken (in % der Gesamtfläche ohne Gewässer)

Treptow-Köpenick ist mit 21,3 % der am geringsten versiegelte Bezirk, während Kreuzberg-Friedrichshain und Mitte mit 68,7 bzw. 62,7 % die höchsten Versiegelungsgrade aufweisen. Auch der Anteil der bebauten Fläche an der Bezirksfläche ist in diesen Bezirken am höchsten.

Versiegelungsdaten 2011 im Vergleich zu 1990, 2001 und 2005

Ein direkter Vergleich zwischen den Versiegelungswerten von 1990 bzw. 2001 und 2005 bzw. 2011 kann aufgrund der **verschiedenen Erhebungsmethoden** nur bedingt durchgeführt werden. Aus den Werten kann keine Veränderung der versiegelten Fläche über die Zeit abgeleitet werden.

2001 betrug der Versiegelungsgrad Berlins **34,7 %** (einschl. Straßen und Gewässern). Diese Daten gehen zum Teil auf Auswertungen von Satellitenbildern und weiteren Quellen aus den 80er Jahren zurück (nur West-Berlin). Diese Kartierungen wurden 1990 mittels Luftbildern und topographischen Karten auf das Gebiet von Ost-Berlin erweitert und 2001 teilweise aktualisiert. Bei diesen Arbeiten wurden auch z.T. nutzungsspezifische Pauschalwerte angenommen. Die Erfassungsmethode war insgesamt uneinheitlich.

Mit den Kartierungen 2005 und 2011 liegen nunmehr nach einem flächendeckend einheitlichen, automatisierten und wesentlich verbesserten Verfahren gewonnene Datensätze vor. Im Ergebnis beträgt der Versiegelungsgrad im Jahre **2011 32,8 %** und liegt damit um ca. 0,9 % über den Werten von 2005. Der wesentliche Anteil dieser Versiegelungszunahme liegt dabei bei der unbebaut versiegelten Fläche.

Tab. 7: Ergebnisse von Versiegelungskartierungen in Berlin 1990 bis 2011

	Versiegelung		bebaut versiegelte Fläche		unbebaut versiegelte Fläche		Straße		ausgewertete Gesamtfläche ha	Anzahl Blöcke
	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
------	--------	------	-------	------	--------	------	-------	-----	--------	--------

Es können Rundungsdifferenzen auftreten.

Tab 7: Ergebnisse von Versiegelungskartierungen in Berlin 1990 bis 2011 (alle Angaben bezogen auf die Gesamtfläche Berlins einschl. Straßen und Gewässer). Aus den Werten kann wegen unterschiedlicher Auswertungsmethoden keine Veränderung über den gesamten Zeitraum abgeleitet werden. Den Werten 1990 und 2001 liegen unterschiedliche Auswertungsmethoden zu Grunde, die keinen Vergleich mit den Werten von 2005 und 2011 zulassen. Ein Vergleich zwischen 2005 und 2011 ist hingegen möglich.

Betrachtet man die ermittelten Werte für die bebaut versiegelte Fläche über die Jahre fällt auf, dass sie **nahezu identisch** sind. Daraus kann abgeleitet werden, dass die alte Erhebungsmethode im Mittel durchaus gute Werte lieferte, denn die Erhebungen mittels der ALK für 2005 sowie 2011 können als sehr genau angesehen werden.

Für die **unbebaut versiegelte Fläche** ergibt sich ein etwas anderes Bild. Hier haben die ermittelten Werte 2005 gegenüber 2001 um 2,8 Prozentpunkte **abgenommen** und 2011 um 0,9 Prozent gegenüber 2005 zugenommen. Die Abnahme zwischen 2001 und 2005 kann einerseits daran liegen, dass in den alten Kartierungen einige Grün- und Freiflächen - Kategorien (z.B. Wälder und Landwirtschaft) mit Pauschalwerten der unbebaut versiegelten Fläche belegt wurden, die nach heutigen Erkenntnissen zu hoch waren. Da diese Flächen einen großen Anteil am Stadtgebiet haben, wurde der Versiegelungsgrad der **unbebaut versiegelten Fläche insgesamt überschätzt**. Andererseits wurde wegen der bereits genannten Probleme bei der Interpretation der Satellitendaten die unbebaut versiegelte Fläche im **neuen Verfahren eher unterschätzt**. Diese Annahmen sind eher plausibel, als dass tatsächlich ein Rückgang der versiegelten Fläche im Stadtgebiet stattgefunden hat.

Hinsichtlich der Erfassung der versiegelten **Straßenfläche** konnten die im Jahre 1990 vorliegenden groben Schätzwerte erst im Jahre 1997 durch Werte der Straßenbauverwaltung ersetzt werden. Diese wurden auch für die Auswertungen von 2001 verwendet. Für die Versiegelungskartierungen von 2005 und 2011 wurden Straßenversiegelungsgrade pro Bezirk mit dem Stand 2006 auf die Gesamtstadt angewendet (Gerstenberg & Goedecke 2011). Eine leichte Erhöhung des durch Straßen verursachten Versiegelungsgrades durch Tiefbaumaßnahmen vor allem im Ostteil der Stadt erscheint durchaus plausibel.

Die wiederholte Anwendung des neuen Verfahrens 2011 ermöglicht auch einen Vergleich der Versiegelung auf Blockebene. In Abbildung 8 ist die Veränderungskartierung zwischen 2005 und 2011 dargestellt. Es werden Blöcke mit einer Veränderung größer 10 % des Versiegelungsgrades dargestellt. In die Bilanzierung der Gesamtfläche und auf Ebene der Flächentypen sind jedoch auch kleinere Veränderungen mit eingegangen.

Untersuchungen während der Verfahrensentwicklung haben ergeben, dass die Erfassung der bebaut versiegelten Fläche sehr genau ist (vgl. [Validierung 2007](#)). Für die Erfassung der unbebaut versiegelten Fläche liegt die Genauigkeit darunter. Hierfür sind folgende Gründe zu nennen:

- Aufgrund der 2010 korrigierten ISU-Flächentypen treten bei 718 Blöcken Pseudo-Veränderungen auf.
- In der SPOT5-Satellitenbildszene von 2005 lagen viel größere Schattenbereiche als 2011 vor. Die Schattenflächen sind umgebungsspezifisch klassifiziert worden. Im Vergleich können bei gleicher Auswertungsmethode ebenso unterschiedliche Versiegelungswerte auftreten.
- Bei 244 Blockflächen hat sich zwischen 2005 und 2010 die ISU-Blockgeometrie stark geändert, wodurch Pseudo-Veränderungen in der Versiegelungskartierung auftreten.
- Für 37 Blockflächen lag 2005 keine SPOT5-Satellitenbildszene vor. Diese Flächen gehen im Vergleich für 2005 zu 0 % versiegelt ein. Da es sich hierbei hauptsächlich um Waldflächen östlich des Müggelsees handelt, ist der Fehler hier gering einzuschätzen.

In der Karte [Veränderungskartierung der Versiegelung zwischen 2005 und 2011](#) sind daher nur Blöcke mit einer Veränderung der Gesamtversiegelung größer 10 % dargestellt.

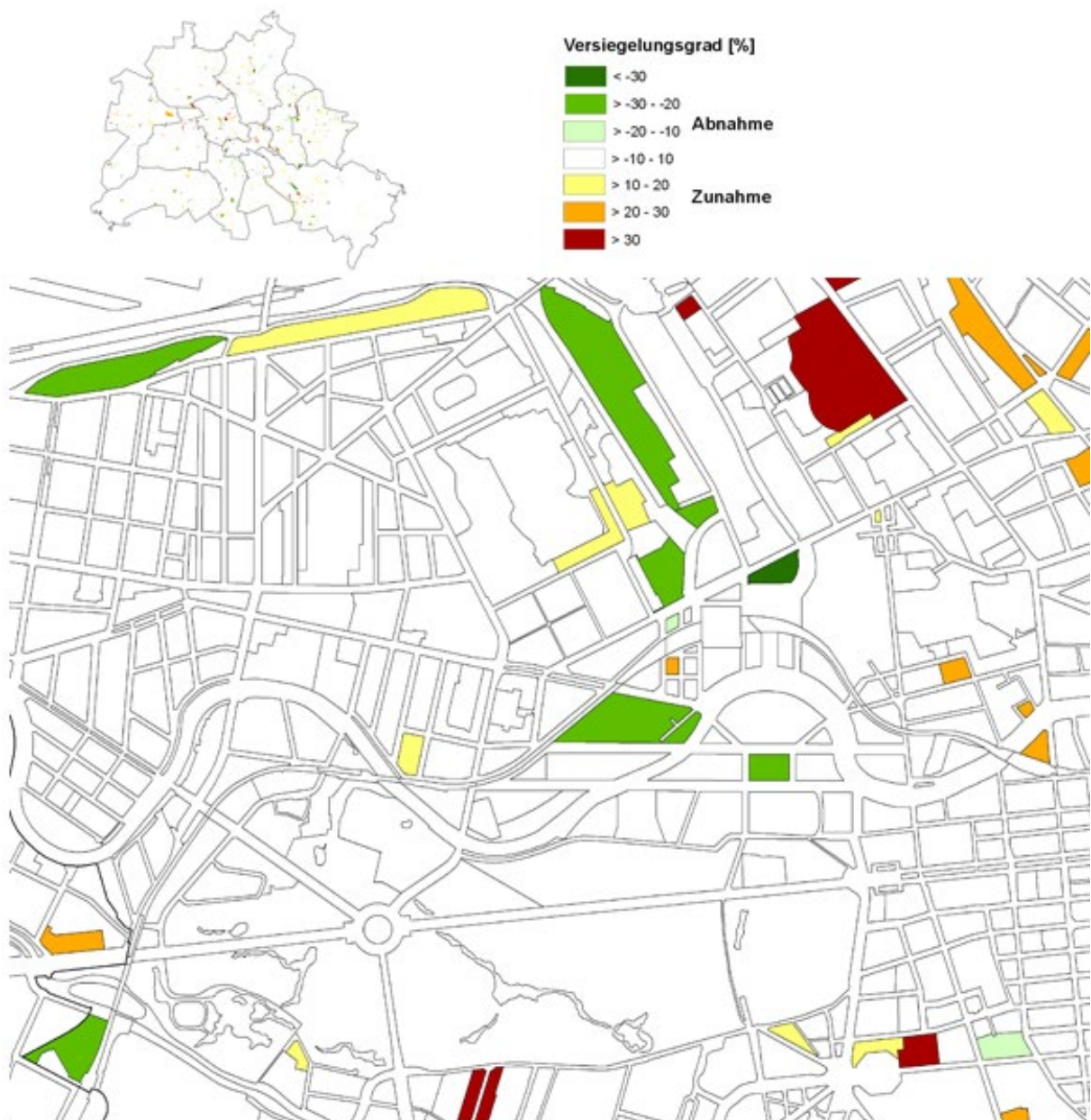


Abb. 8: Veränderungskartierung der Versiegelung zwischen 2005 und 2011

Exkurs

Versiegelungsdaten 2011 und 2005 im Vergleich zum "Indikator Versiegelung" der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UGRdL)

Der Versiegelungswert der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UGRdL) für Berlin, der auf Grundlage des Nachhaltigkeitsindikators "Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsfläche" von der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) entwickelt wurde, wird dem Umweltatlasergebnis nun gegenübergestellt.

Die Datenerhebung der Versiegelungsgrade pro Bundesland beruht auf der amtlichen Flächenstatistik. Dabei werden den verschiedenen Nutzungskategorien der Siedlungs- und Verkehrsfläche pauschale Versiegelungsgrade zugeordnet, die nach der Siedlungsflächendichte modifiziert als Faktor eingehen. Damit ergeben sich jährliche Versiegelungsdaten. Die Daten zur Entwicklung der Versiegelung in den Bundesländern werden jährlich fortgeschrieben (UGRdL 2010).

In Berlin ist danach der Anteil der versiegelten Fläche an der Gesamtfläche von 2000 bis 2010 von 34,24 % auf 35,10 % und damit um 0,86 % in 10 Jahren gestiegen (= 0,09 % / a).

Die absolute Zunahme der Versiegelung betrug danach 770 ha in zehn Jahren.

Abbildung 9 zeigt die Versiegelungsgrade des Umweltatlas von 2005 und 2011 im Vergleich zu den jährlich erhobenen Daten der UGRdL.

Beide Ansätze erfassen die Versiegelung nicht exakt sondern arbeiten mit unterschiedlichen Methoden und unterschiedlichen Zielsetzungen zu einem gewissen Anteil mit Abschätzungen und Annahmen, sind also letztlich Schätzverfahren.

Während der UGRdL-Ansatz die aktuelle (2010) Gesamtversiegelung Berlins mit 35,1 % angibt, wird im Umweltatlas für 2011 lediglich 32,8 % als versiegelt kartiert.

Im Verfahren für den Umweltatlas wird die bebaut versiegelte Fläche unmittelbar aus der ALK abgeleitet und weist damit einen sehr hohen Genauigkeitsgrad auf, die unbebaut versiegelte Fläche wird hingegen wie oben beschrieben aus Satellitenbildern bestimmt. Dabei sind die oben genannten methodisch bedingten Fehlerquellen zu beachten.

Hingegen arbeitet der UGRdL-Ansatz von vorneherein mit Schätzwerten für die einzelnen Nutzungsklassen, die zudem noch bundesweit gleich sind und daher regionale Besonderheiten außer Acht lassen. Beispielsweise wird schon die Entlassung der Fläche des Flughafens Tempelhof aus der Kategorie der Verkehrsflächen die Statistik verändern, ohne dass sich real etwas getan hat.

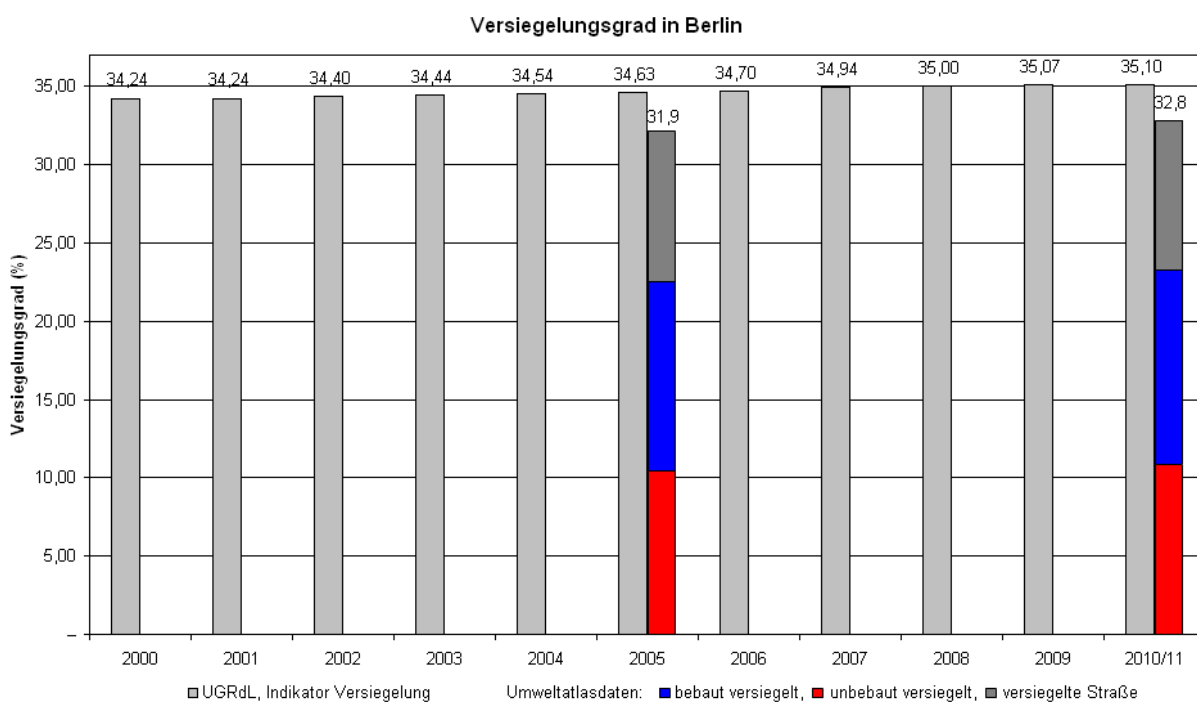


Abb. 9: Versiegelungsgrade des Umweltatlas von 2005 und 2011 im Vergleich zu den jährlich erhobenen Daten der UGRdL

Für politische Entscheidungen können beide Versiegelungsdaten herangezogen werden. Die Versiegelungsdaten der UGRdL werden jährlich nach einer festen, bundeseinheitlich vergleichbaren Methode erhoben und sind daher für ein Monitoring am besten geeignet und letztlich auch genau dafür entwickelt worden. Durch die Differenzierung in bebaut versiegelte Fläche, unbebaut versiegelte Fläche und versiegeltes Straßenland ergänzen und relativieren die Zahlen des Umweltatlas die Daten der UGRdL. Für die bebaut versiegelte Fläche kann von einer sehr hohen Genauigkeit ausgegangen werden.

Literatur

- [1] **AGU Arbeitsgemeinschaft Umweltplanung 1988:**
Fortschreibung und Übernahme der Versiegelungskarte des Umweltatlases in das räumliche Bezugssystem des ökologischen Planungsinstrument Berlin (öPB), im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin, unveröffentlicht.
- [2] **AGU Arbeitsgemeinschaft Umweltplanung 1991:**
Fortschreibung der ökologischen Planungsgrundlagen Berlin: Erstellung der Umweltatlaskarten 06.01 Reale Nutzung der bebauten Flächen, 06.02 Grün- und Freiflächenbestand, 01.02 Versiegelung (einschließlich Bebauungsgrad) für das Stadtgebiet der östlichen Bezirke und Integration in das Umweltinformationssystem (UIS), im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin, unveröffentlicht.
- [3] **BBodSchG, 1998:**
Bundes-Bodenschutzgesetz. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten.
- [4] **Berliner Wasserbetriebe (BWB) 1998:**
Getrenntes Entgelt für Schmutz- und Niederschlagswasser ab dem Jahr 2000. Anschreiben an die Eigentümer im September 1998. Berlin
- [5] **Coenradie, B.; Haag, L., Damm, A.; Kleinschmit, B.; Hostert, P. 2007:**
Hauptstudie "Entwicklung und Umsetzung eines hybriden Verfahrensansatzes zur Versiegelungskartierung in Berlin". Abschlussbericht. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.).
 [Download \(pdf; 6,6 MB\)](#)
- [6] **Coenradie, B.; Haag, L. 2012:**
Versiegelungskartierung Berlin - Anwendung und Weiterentwicklung des hybriden Auswertungsverfahrens für das Jahr 2011 sowie Kartierung von Veränderungen. Abschlussbericht. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.).
 [Download \(pdf; 5,6 MB\)](#)
- [7] **Die Bundesregierung 2007:**
Nachhaltige Entwicklung.
Fundstelle:
<http://www.bundesregierung.de>
- [8] **Frie, B; Hensel, R. 2007:**
Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: UGRdL-Ansatz. In: Statistische Analysen und Studien NRW, Band 44 S. 19 ff. Fundstelle:
Internet: http://www.ioer-monitor.de/fileadmin/user_upload/monitor/DFNS/2009_1_DFNS/Buchbeitraege/IOER_DFNS_I_2009_S_17-45_PDFA.pdf (Zugriff am: 04.02.2019)
- [9] **Geiger, W.F. 1992:**
Regenwasserbehandlungskonzept für Neuplanungen im nördlichen Einzugsgebiet von Panke, Nordgraben, Gutachten im Auftrag der Berliner Wasser-Betriebe, unveröffentlicht.
- [10] **Gerstenberg, J.H.; Goedecke, M. 2011:**
Datengrundlagen aus dem Informationssystem Stadt und Umwelt für das Niederschlags - Abflussmodell ABIMO der Bundesanstalt für Gewässerkunde Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin 2008, Stand 31.3.2011.
- [11] **Haag, L. 2006:**
Wie hoch sind die Versiegelungsgrade in Berlin wirklich? - Ein Methodenvergleich. Diplomarbeit TU-Berlin, Berlin.
Internet:
https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/2006_haag_diplomarbeit.pdf
- [12] **Haag, L.; Coenradie, B.; Kleinschmit, B.; Damm, A.; Hostert, P.; Goedecke, M.; Schneider, T. 2008:**
Hybrides Kartierungsverfahren der Bodenversiegelung im urbanen Raum – das Ergebnis für Berlin. Bodenschutz. Ausgabe 3/2008. S. 82-87.
Fundstelle:
<https://www.bodenschutzdigital.de/ce/hybrides-kartierungsverfahren-der-bodenversiegelung-im-urbanen-raum-das-ergebnis-fuer-berlin/detail.html>

- [13] **Mählenhoff, S. 1989:**
Ökologische Folgen der Bodenversiegelung, in: Mitteilungen der Niedersächsischen Naturschutzakademie 4/91, S. 6-16.
- [14] **Niederschlagswasserfreistellungsverordnung 2001:**
Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadloze Versickern von Niederschlagswasser - NWFreiV vom 24. August 2001.
Fundstelle:
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/service/gesetzestexte/de/umwelt/wasser.shtml>
- [15] **Oerder, M. 1999:**
Bundes-Bodenschutzgesetz. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. Kommentar von Oerder, M.; Numberger, U.; Schönfeld, T.. Boorberg. Stuttgart.
- [16] **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (SenStadt) 2001:**
Neuer Umgang mit Niederschlagswasser in Berlin. Broschüre. Berlin.
- [17] **Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (SenStadt) 2006:**
Statistik zu Befestigung und Fahrbahnbelägen Berliner Straßen, Rad- und Gehwege VI C 12 (Stand 01.01.2006).
- [18] **Statistische Ämter der Länder 2011:**
Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL): Inanspruchnahme der Umwelt durch Produktion und Konsum in den Bundesländern - Ausgewählte Indikatoren und Kennzahlen. Indikator Versiegelung.
Fundstelle:
<http://www.ugrdl.de/veroeffentlichungen.htm>
- [19] **Umweltbundesamt (UBA) 2011:**
Flächeninanspruchnahme. September 2011.
Fundstelle:
<http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeid=2898>
- [20] **Wikipedia, 2007:**
NDVI.
Fundstelle:
http://de.wikipedia.org/wiki/Normalized_Differenced_Vegetation_Index
- [21] **Wikipedia, 2012:**
Hauptkomponentenanalyse.
Fundstelle:
<http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptkomponentenanalyse>
- [22] **WTE 2004:**
WTE betriebsgesellschaft mbh.
Fundstelle:
<http://www.wteb.de>