

## Erhebung der Bodenversiegelung auf Grundlage des ATKIS-Basis-DLM – Möglichkeiten und Grenzen

GOTTHARD MEINEL & ANITA HERNIG, Dresden

**Keywords:** remote sensing, environmental status, city planning, soil sealing, GIS, ATKIS, monitoring

**Zusammenfassung:** Die zunehmende Bodenversiegelung ist neben der Klimaveränderung das größte Umweltproblem der Industriestaaten. Eine umweltgerechte Flächenhaushaltspolitik benötigt u. a. ein quantitatives Monitoring der Bodenversiegelung. Eine exakte Erhebung für eine gesplittete Abwassergebührenrechnung ist sehr aufwändig auch bezüglich der Datenfortschreibung. Darum liegt die Nutzung fortschreibungsgesicherter Geobasisdaten nahe. In diesem Beitrag werden eine Methode zur Ableitung der Bodenversiegelung aus dem ATKIS-Basis-DLM/2 vorgestellt und die Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens aufgezeigt. Dazu wird für alle Objektarten des Basis-DLM eine Berechnung mittlerer Versiegelungswerte auf der Grundlage einer hochgenauen Bodenversiegelungserhebung durchgeführt. Anschließend wird für zwei Teststädte die Bodenversiegelung auf ATKIS-Basis bestimmt und mit Referenzwerten verglichen. Ergebnis ist, dass die Bestimmung gesamt- und teilstädtischer Bodenversiegelungswerte mit dem ATKIS-Basis-DLM/2 gut möglich ist, kleinteiligere Ausweisungen sind aber aufgrund der ungenügenden Differenzierung bebauter Flächen im ATKIS-Modell derzeit problematisch. Die Erhebungsgenauigkeit kann aber mit dem ATKIS-Basis-DLM/3 durch die neue Objektklasse Gebäude und das Attribut Straßenbreite wesentlich gesteigert werden.

**Summary:** *Surveying of soil sealing on the basis of the ATKIS basic DLM as well as description of feasibilities and limits of this method.* The growth of soil sealing together with the climate change is the biggest environmental problem of the industrial countries. However, an environment-oriented land use policy requires among other things a quantitative monitoring of soil sealing. An accurate survey for the calculation of a separate waste water and rainfall charge is very costly also in terms of updating the data. That is why the use of a basic data set whose updating is secured is the most obvious course. The focus of this paper is the development of a method for surveying soil sealing on the basis of the ATKIS basic DLM as well as the description of feasibilities and limits of this method. Therefore the mean of soil sealing for every ATKIS basic DLM feature type has been determined on the basis of a highly exact soil sealing mapping. This was followed by the calculation of the soil sealing of two test cities on the base of ATKIS and the comparison with reference values. The result is that the determination of total and partly urban area sealing values on the basis of the ATKIS basic DLM is possible. Concerning smaller reference units the method causes problems, because of a lack of differentiation of the settlement areas. The precision of sealing surveys can be further improved by the new feature class "building" and the new attribute "road width".

### 1 Problemstellung

Nach wie vor ist trotz schrumpfender Bevölkerungszahl eine besorgniserregende Flächeninanspruchnahme durch Siedlungstätigkeit zu verzeichnen. So ist die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV)

laut Umwelt-Barometer im Deutschen Umweltindex (DUX) das dringlichste Umweltproblem in Deutschland. Vom Ziel, den Flächenverbrauch von derzeit 119 ha/d bis zum Jahre 2020 auf 30 ha/d zu senken, ist man weit entfernt. So wuchs 2003 in Deutschland die Siedlungsfläche um 1,0% und die Ver-

kehrfläche um 0,4% (Statistisches Bundesamt 2004). Seit der ersten gesamtdeutschen „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung“ im Jahr 1993 nahm die Siedlungs- und Verkehrsfläche um 11,9% zu! Von der Siedlungsfläche sind im Mittel etwa 50% überbaut bzw. versiegelt, bei der Verkehrsfläche ist der Bodenversiegelungsgrad noch wesentlich höher (Umweltbundesamt 2003).

Wegen ihrer negativen Wirkung auf Bodenwasserhaushalt, Mikroklima, Flora und Fauna (Zerstörung von Lebensräumen), Lärm und Stadtklima (Überwärmung) ist der Bodenversiegelungsgrad ein Basisindikator der Stadtökologie. Nur durch Erhebung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung (Monitoring) des gesamt- und teilstädtischen Bodenversiegelungsgrades kann der tatsächliche Erfolg einer nachhaltigen Flächenhaushaltspolitik gemessen und beurteilt werden (DOSCH 2002).

Für ein Monitoring der Entwicklung der Bodenversiegelung ist deren Kartierung notwendig. Diese muss in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung in unterschiedlicher räumlicher Auflösung erfolgen. Eine hochgenaue (grundstücksscharfe) Ermittlung der Bodenversiegelung ist im Rahmen der Einführung gesplitteter Regen-/Abwassergebühren notwendig und wurde bereits von vielen Kommunen in Deutschland realisiert. Die sehr aufwändige Kartierung der Bodenversiegelung erfolgte in diesen Fällen in der Regel auf Basis von Luftbilddaten im Maßstab 1 : 5.000 durch manuelle Kartierung überbauter sowie voll- oder teilversiegelter Flächen.

Für die Stadtplanung, Umweltbeobachtung und -vorsorge ist eine räumlich geringer auflösende Erhebung der Bodenversiegelung ausreichend. Hier kann entweder eine visuelle Bewertung des Bodenversiegelungsgrades für jeden städtischen Baublock auf Basis von aktuellen Satelliten- oder Luftbildern erfolgen (MEINEL 2000) oder eine Berechnung auf Basis der multispektralen Information (insbesondere des Infrarotkanals) von Satellitenbilddaten (MEINEL 1996) oder Scannern (MEINEL 1997).

Eine indirekte Bodenversiegelungsbestimmung auf Datengrundlage der „Flä-

chenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung“ ist für Kommunen unzureichend, da sie nur zu einem sehr ungenauen städtischen Gesamtwert führt (Daten sind nur auf Gemeindeebene verfügbar). Auch ist die bei dieser Flächenerhebung erfasste Siedlungs- und Verkehrsfläche nicht mit der tatsächlich versiegelten Fläche gleichzusetzen, da diese auch Freiflächen beinhaltet. Letztlich muss konstatiert werden, dass eine teilräumliche, effiziente und preiswerte Erhebung der Bodenversiegelung für die Stadtplanung und Umweltvorsorge ein derzeit ungelöstes Problem darstellt.

## 2 Untersuchungsziel

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer kosteneffizienten Methode zum Monitoring städtischer Bodenversiegelung in ausreichender Genauigkeit. Es liegt der Gedanke nahe, vorhandene, in ihrer Fortschreibung gesicherte Geobasisdaten zu nutzen und aus diesen mittlere Bodenversiegelungswerte abzuleiten. Die wichtigsten topographischen Geobasisdaten in Deutschland sind die ATKIS-Basis-DLMs (früher DLM25), welche auch den Kommunen über die Landesvermessungsämter zur Verfügung stehen. Zielstellung der Arbeit ist es nun, ein Verfahren zur Erhebung der städtischen Bodenversiegelung auf Basis von Versiegelungsprofilen (Histogramme, Mittelwert der Bodenversiegelung) der Objektarten des ATKIS-Basis-DLM zu entwickeln. Regionale Bodenversiegelungserhebungen auf ATKIS-Basis für Niedersachsen auf Gemeindeebene wurden erstmals bei DAHLMANN et al. (2001) vorgestellt. Allerdings zwingen ein veralteter ATKIS-Datenerfassungsstand (DLM/1, 1995) und die verwendete Referenzdatenbasis (nur Kleinstadt) zu neuen Untersuchungen.

Die Versiegelungsprofile in vorliegender Arbeit sollen auf Basis einer hochgenauen luftbildgestützten Bodenversiegelungskartierung der Stadtfläche Dresdens (1 : 5.000) durch GIS-technische Verschneidung mit dem ATKIS-Basis-DLM/2 (Maßstab 1 : 25.000) und einer anschließenden statistischen Analyse für jede ATKIS-Objektart er-

hoben werden. Durch spätere Anwendung der mittleren Bodenversiegelungswerte aller Objektarten auf beliebige ATKIS-Daten könnten dann räumlich aggregierte Versiegelungswerte effizient ermittelt werden. Die Genauigkeit der ermittelten Bodenversiegelungswerte soll dann für verschiedene räumliche Einheiten geprüft werden.

### 3 Eingangdaten

#### 3.1 Referenzdaten – Bodenversiegelungskartierung der Stadtentwässerung Dresden

Dresden hat die ehemalige Abwassergebühr in eine getrennte Schmutz- und Niederschlagswassergebühr (letztere wird auch als Bodenversiegelungsgebühr bezeichnet) überführt. Die Niederschlagswassergebühr errechnet sich aus dem Anteil der überbauten und versiegelten Fläche eines Grundstücks. Das Gebührensplittung erhöht die Gebührengerechtigkeit, wird dem Verursacherprinzip besser gerecht und fördert letztlich das Problembewusstsein zum Thema „Bodenversiegelung“.

Voraussetzung für die gesplittete Gebührenerhebung ist eine grundstücksbezogene Datenbank, die genaue Flächenangaben zu den überbauten (einschließlich Dachüberstand!), befestigten (voll- und teilversiegelt) und unbefestigten Grundstücksflächen be-

inhaltet. Diese wurde durch Luftbildkartierung der versiegelten und überbauten Flächen im Auftrag der Stadtentwässerung Dresden GmbH erarbeitet. Dazu wurden Luftbilder im Bildmaßstab 1 : 5.000 orthorektifiziert und nach einer „Auswerte- und Erfassungsrichtlinie“ unter stereoskopischer Sicht digitalisiert.

Die Geometriedaten dieser Erhebung einschließlich des Bodenversiegelungswertes für jede Fläche standen für die vorliegenden Untersuchungen flächendeckend für die Stadt Dresden zur Verfügung. Die Daten wurden von der Stadtentwässerung Dresden im DXF-Format bezogen (220 Teilareale mit insgesamt über 300.000 Polygonen!). Tab.1 gibt den verwendeten Klassifikationsschlüssel und die dazugehörigen Bodenversiegelungswerte der Erhebung wieder.

Die Kartierung erfolgte mit einer Lagegenauigkeit  $< 0,2$  m. Damit standen für die Untersuchung hochgenaue Bodenversiegelungsdaten zur Verfügung, die für die Erstellung von Referenzprofilen der Versiegelung geeignet sind.

#### 3.2 Geobasisdaten ATKIS-Basis-DLM

Das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS ist in Deutschland die grundlegende Digitale Topographische Datenbasis. Es dient zur ein-

**Tab. 1:** Klassifikationsschlüssel der Bodenversiegelungsdaten (Stadtentwässerung Dresden 1999).

Objektart	Definition/Eigenschaft	Bodenversiegelung VSG [%]
Dächer	alle Dachformen außer Gründächer	100
Gründächer	Flachdächer, die eindeutig als Gründach erkennbar sind	50
Wasserundurchlässige Flächen	Beton, Asphalt, Platten	100
Teildurchlässige Flächen	Pflaster, Platten mit versickerungsfähigen Fugen (teildurchlässig)	70
Schwachableitende Flächen	Wassergebundene Decken, wie Kies und Schotter (teildurchlässig)	50
Restfläche	Unbefestigte Flächen, wie Rasen, Garten etc.	0

heitlichen topographischen Beschreibung des Gebietes der Bundesrepublik Deutschland durch Digitale Landschaftsmodelle (DLM). Im Rahmen des ATKIS-Projekts werden Landschaftsmodelle unterschiedlicher Informationsdichte aufgebaut: Basis-DLM, DLM50, DLM250 und DLM1000. Das DLM beschreibt die topographischen Objekte der Landschaft und das Relief der Erdoberfläche im Vektorformat. Die Objekte werden einer bestimmten Objektart zugeordnet und durch ihre räumliche Lage, ihren geometrischen Typ, beschreibende Attribute und Beziehungen zu anderen Objekten (Relationen) definiert. Jedes Objekt besitzt deutschlandweit eine eindeutige Identifikationsnummer (Identifikator). Welche Objektarten ein DLM beinhaltet und wie die Objekte zu bilden sind, ist im ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK) festgelegt.

Für eine Bodenversiegelungserhebung, abgeleitet aus ATKIS-Daten, ist einzig das Basis-DLM relevant. Dieses wird inzwischen in der Regel auf Basis von digitalen Orthophotos im Maßstab 1 : 10.000 aktualisiert. Die Fortführung des ATKIS-Basis-DLM durch die Landesvermessungsämter ist auch zukünftig gesichert. Diese gesicherte Fortführung ist ein bedeutender Fakt, der die weiterführende Nutzung der Daten, auch zur Gewinnung einzelner Fachdaten, nahe legt.

Während in der ersten Realisierungsstufe des Basis-DLM (DLM25/1) erst 61 Objektarten in den fünf Objektbereichen Siedlung, Verkehr, Vegetation, Gewässer und Gebiete erfasst wurden, sind in der zweiten Realisierungsstufe (DLM25/2) schon 116 Objektarten und zusätzlich der Objektbereich Relief enthalten. Die dritte Realisierungsstufe (DLM25/3) umfasst 189 Objektarten in sieben Objektbereichen. Die Objektarten werden dann durch Attributwerte genauer topographisch oder fachinhaltlich beschrieben. Durch diese Entwicklung wird nach der sehr aufwändigen Ersterhebung sowohl die geometrische als auch die thematische Qualität dieser digitalen Geobasisdaten weiter erhöht.

Wenn es auch heute noch seitens von ATKIS-Anwendern immer wieder Kritik an

der Korrektheit, Aktualität und Lagetreue von ATKIS-Daten gibt, so ist doch eine laufende Verbesserung des Datenmodells festzustellen. Noch bestehende Fehler werden in aktualisierten Fassungen korrigiert, gute Lagetreue durch Fortschreibung auf Ortholuftbildbasis erreicht und damit die Qualität des Datensatzes laufend verbessert. Auch die Aktualität von ATKIS wird erhöht, wie die Definition einer Spitzenaktualität (< 1 Jahr) für hochdynamische Objektbereiche, wie den Verkehr, zeigt.

#### **4 Ermittlung der Bodenversiegelungsprofile der ATKIS-Objektarten**

Die Ermittlung mittlerer Bodenversiegelungswerte je ATKIS-Objektart erfolgte durch GIS-technische Verschneidung der beiden Eingangsdatensätze. Sowohl Lage- als auch Attributinformationen beider Ebenen blieben dabei erhalten. Abb. 1 stellt einen Ausschnitt der Bodenversiegelungskartierung (Referenz), überlagert von den Grenzen des ATKIS-Basis-DLM, dar.

Ergebnis der Verschneidung ist eine Polygonebene mit ca. 660.000 Objekten. Jedes Polygon besitzt alle Attribute der Eingangsdaten (Flächengröße, ATKIS-Objektart, Versiegelungswert). Mithilfe der Polygonattributtabelle der Verschnittebene erfolgte die statistische Analyse für jede ATKIS-Objektart. Zunächst wurde für jedes ATKIS-Objekt ein mittlerer Versiegelungswert bestimmt. Anschließend wurde aus allen Objekten einer ATKIS-Objektart der mittlere Gesamtversiegelungswert für diese Objektart bestimmt. Dabei gingen die Objekte, jeweils ihrer Größe nach, gewichtet in die Berechnung ein.

Für alle Objektarten, welche im Dresdner ATKIS-Basis-DLM vorhanden sind, wurde mit dieser Methodik ein mittlerer Versiegelungswert bestimmt. Abb. 2 zeigt beispielhaft die Bodenversiegelungsprofile (Histogramm, Mittelwert und Standardabweichung) der bodenversiegelungsrelevanten, flächenmäßig dominanten und auch häufigsten Objektarten Wohnbaufläche (2111), Industrie- und Gewerbefläche (2112), Fläche



**Abb. 1:** Bodenversiegelungskartierung (Referenz) überlagert mit dem ATKIS-Basis-DLM (Ausschnitt aus Stadtzentrum Dresden).

**Tab. 2:** Mittelwert und Standardabweichung der Bodenversiegelung für wichtige ATKIS-Objektarten.

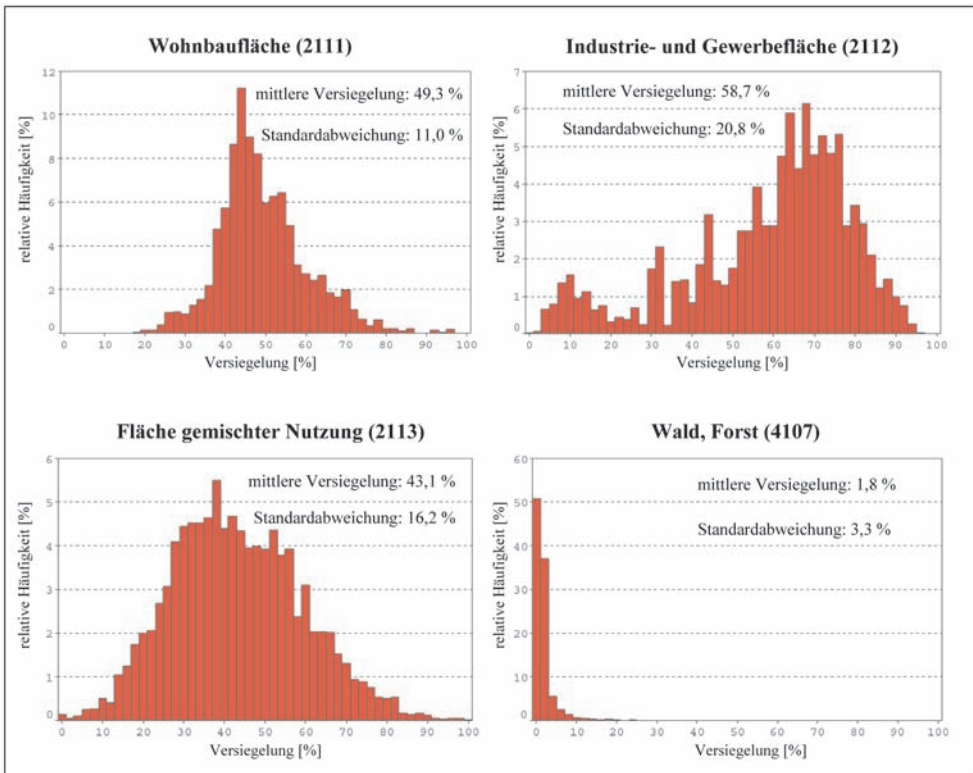
ATKIS-Objektart	ATKIS-Code	Bodenversiegelung [%]		Objektanzahl in Dresden
		VSG <sub>m</sub>	VSG <sub>σ</sub>	
Wohnbaufläche	2111	49,3	11,0	786
Industrie-/Gewerbefläche	2112	58,7	20,8	731
Fläche gemischter Nutzung	2113	43,1	16,2	4789
Fläche bes. funktionaler Prägung	2114	58,1	16,7	733
Grünanlagen	2227	14,6	12,4	316
Ackerland	4101	1,6	2,7	404
Grünland	4102	9,7	16,2	2207
Gartenland	4103	9,5	7,2	866
Wald/Forst	4107	1,8	3,3	2161

gemischter Nutzung (2113) und Wald, Forst (4107).

Bei einigen Objektarten (z. B. Wald, Ackerland, Fluss) zeigt sich trotz hoher Objektanzahl eine sehr geringe Streuung der Bodenversiegelungswerte der Einzelobjekte, d. h. die Mittelwerte der Bodenversiegelung dieser Objektarten können als sehr zuverlässig angesehen werden. Bei den Objektarten des Objektbereichs Siedlung, die den Bodenversiegelungsgrad wesentlich dominieren, wie Wohnbauflächen (2111), Industrie- und

Gewerbeflächen (2112), Flächen gemischter Nutzung (2113) und Flächen besonderer funktionaler Prägung (2114) kommt es durch die fehlende Differenzierung von Bauungstypen zu einer breiten Streuung der Versiegelungswerte (Abb. 2). Tab. 2 zeigt den mittleren Bodenversiegelungswert (VSG<sub>m</sub>) und dessen Standardabweichung (VSG<sub>σ</sub>) für die wichtigsten ATKIS-Objektarten. Vergleicht man die ermittelten mittleren Versiegelungswerte mit Referenzwerten für die Bodenversiegelung stadtstruktural-





**Abb. 2:** Bodenversiegelungsprofile wichtiger Objektarten des ATKIS-Basis-DLM.

reller Nutzungstypen aus anderen Studien (z. B. HEBER 1993), so ist insgesamt eine große Übereinstimmung festzustellen.

## 5 Verfahrensprüfung an Referenzdaten

Ob nun die Verwendung dieser Mittelwerte zu belastbaren Ergebnissen in der Ermittlung gesamt- oder teilstädtischer Bodenversiegelungswerte führt, sollte durch einen Vergleich mit anderen Versiegelungserhebungen geprüft werden. Für diese Untersuchungen wurden die Städte Berlin und Dresden ausgewählt, da hier sowohl das ATKIS-Basis-DLM als auch die Daten von Referenz-Bodenversiegelungserhebungen zur Verfügung standen. Diese wurden durch visuelle Interpretation auf Basis von Satelliten- und Luftbilddaten erhoben, im Falle Berlins zusätzlich unter Zuhilfenahme der

digitalen Gebäudegrundrisskarte im Maßstab 1 : 5.000 (Digitaler Umweltatlas der Stadt Berlin). Es wurden nun auf Basis von Flächensummen der einzelnen ATKIS-Objektarten und anschließender Multiplikation der Flächenanteile mit dem jeweiligen mittleren Bodenversiegelungswert der ATKIS-Objektarten teil- und gesamtstädtische ATKIS-basierte Versiegelungswerte berechnet und mit den durch visuelle Interpretation erhobenen Versiegelungswerten verglichen (Tab. 3 und 4).

Wie die Tab. 3 und 4 zeigen, kann im Mittel eine gute Übereinstimmung der ATKIS-basierten Bodenversiegelungserhebung mit denen durch Bildinterpretation erhobenen Versiegelungsreferenzwerten festgestellt werden. Während die gesamtstädtischen ATKIS-basierten Bodenversiegelungswerte sehr genau sind (Abweichung nur 1,9% bzw. 0,4%), sind die stadtbezirks- (Berlin)

**Tab. 3:** Bodenversiegelungswerte ermittelt aus ATKIS im Vergleich zur Referenzerhebung für die Stadt Berlin<sup>1</sup> (Digitaler Umweltatlas Berlin).

Stadtbezirk	Referenzwert Bodenversiegelung VSG [%]	VSG <sub>ATKIS</sub> [%]	Mittlere Abweichung VSG [%]
Friedrichshain – Kreuzberg	62,7	41,6	21,1
Mitte	59,1	43,0	16,1
Tempelhof – Schöneberg	45,9	43,9	2,0
Neukölln	43,0	40,4	2,6
Lichtenberg	42,1	36,3	5,8
Charlottenburg – Wilmersdorf	36,3	28,7	7,6
Pankow	29,6	27,6	2,0
Reinickendorf	28,0	32,0	4,0
Steglitz – Zehlendorf	25,7	29,4	3,7
Spandau	24,0	26,9	2,9
Berlin (10 von 12 Bezirken)	34,6	32,7	1,9

bzw. ortsamtsbezogenen (Dresden) Werte teilweise ungenau. Insbesondere kommt es zu einer starken Unterschätzung der Bodenversiegelung der ATKIS-basierten Erhebungsmethode bei Berliner Stadtbezirken mit hoher Verdichtung (Friedrichshain-Kreuzberg, Mitte). Diese ist auf die Verwendung der in diesen Fällen zu niedrigen mittleren Versiegelungswerte der ATKIS-Objektarten „Wohnbaufläche“ (2111), „Industrie- und Gewerbefläche“ (2112), „Fläche gemischter Nutzung“ (2113) und „Fläche besonderer funktionaler Prägung“ (2114) zurückzuführen. Durch die leichte Überschätzung der Versiegelungswerte der Stadtteile mit lockerer Bebauung kommt es zu einem Fehlerausgleich über die Gesamtfläche Berlins bzw. Dresdens.

An dieser Stelle muss betont werden, dass auch die verwendeten Referenzdaten im Ge-

**Tab. 4:** Bodenversiegelungswerte ermittelt aus ATKIS im Vergleich zur Referenzerhebung für die Stadt Dresden auf Basis von CIR-Luftbilddaten (Umweltatlas Dresden).

Ortsamt	Referenzwert VSG <sub>ref</sub> [%]	VSG <sub>ATKIS</sub> [%]	Mittlere Abweichung VSG [%]
Blasewitz	43,8	37,9	5,9
Altstadt	42,7	38,0	4,7
Pieschen	37,8	32,4	5,4
Leuben	36,4	35,0	1,4
Neustadt	34,3	28,8	5,5
Prohlis	34,1	35,1	– 1,0
Plauen	33,0	34,2	– 1,2
Cotta	21,3	22,1	– 0,8
Klotzsche	16,4	18,6	– 2,2
Loschwitz	6,7	8,8	– 2,1
Dresden gesamt	22,1	21,7	0,4

<sup>1</sup> Die Bezirke Marzahn-Hellersdorf und Treptow – Köpenick konnten nicht einbezogen werden, da für diese das ATKIS-Basis-DLM nicht flächendeckend vorlag.

gensatz zu den verwendeten Kalibrierungsdaten der Stadtentwässerung Dresden nicht fehlerfrei sind, da die Bodenversiegelung nur in 10 (Berlin) bzw. 5 Klassen (Dresden) visuell für die Teilflächen abgeschätzt wurde.

Natürlich sind prinzipiell auch Übersichtskartierungen der Bodenversiegelung auf Basis von ATKIS möglich. Allerdings ist die sehr kleinteilige Darstellung der einzelnen Objekte nicht unproblematisch, da es durch die Verwendung von Mittelwerten in Einzelfällen (vor allem bei hoch verdichteten Flächen) zu einer Fehlausweisung von bis zu 15% kommen kann.

Durch die entwickelte ATKIS-basierte Methode steht den städtischen Umweltämtern eine hocheffiziente Methode zur Ermittlung des Bodenversiegelungsgrades zur Verfügung. Durch Nutzung der Geobasisdaten ist gleichzeitig das Problem der Datenfortschreibung gelöst, ist letztere doch durch die Landesvermessungsämter dauerhaft gesichert. Zusätzlich können durch dieses Verfahren die mit hohem Aufwand erhobenen und gepflegten Geobasisdaten zusätzlich in Wert gesetzt werden.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Nutzung von Geobasisdaten zur Ermittlung von Fachdaten sehr hilfreich ist. Es konnte gezeigt werden, dass auf Basis des ATKIS-Basis-DLM die überschlägige Ermittlung gesamt- und teilstädtischer (z. B. Stadtbezirk, Ortsamt) Versiegelungswerte möglich ist. Für kleinere Bezugseinheiten, wie statistische Bezirke, Baublöcke und ATKIS-Objekte, wachsen allerdings die Fehler der beschriebenen ATKIS-DLM/2-basierten Versiegelungserhebung.

## 6 Erhebungsmethodik auf Grundlage des ATKIS-Basis-DLM/3

Eine wesentliche Verbesserung der beschriebenen Methodik kann in Zukunft durch das ATKIS-Basis-DLM/3 erzielt werden, da dieses über neue, für die Bestimmung der Bodenversiegelung relevante Objektarten und Attribute verfügt.

So ist ab dem DLM/3 die Objektklasse Gebäude (2315) definiert. Ausschließlich

untergeordneter Gebäude (z. B. Lager-schuppen, Einzelgaragen, Gartenhäusern) mit einer Fläche < 50 m<sup>2</sup> werden alle Gebäudegrundflächen erfasst. Da für die Versiegelung die Dachfläche relevant ist, muss zur Berücksichtigung des Dachüberstandes mit einem Zuschlag auf die Gebäudegrundfläche in Höhe von ca. 20–25% gearbeitet werden. Die Gebäudefläche muss in der Regel als vollversiegelt angenommen werden (Ausnahmen: Dachbegrünung bzw. Dachentwässerung, die nicht in die Kanalisation erfolgen).

Keine Informationen lassen sich aus dem DLM/3 zu den versiegelten Freiflächen ableiten, obwohl diese erheblich zum Bodenversiegelungswert beitragen. Hier kann nur mit mittleren versiegelten Freiflächenanteilen für jede Objektklasse gearbeitet werden. In einem Vorversuch wurde der Anteil versiegelter Freiflächen aus der Referenzkartierung der Stadtentwässerung Dresden bestimmt (Tab. 5).

Dass der Bodenversiegelungsgrad der Gebäudeflächen nicht den Wert 100% erreicht, ist auf begrünte Gebäudedächer zurückzuführen, die nur mit einem Versiegelungsgrad von 50% bewertet werden.

Um den systematischen Fehler durch zu starke Spreizung der Versiegelungswerte in den versiegelungsrelevanten ATKIS-Objektarten zu senken, kann das im ATKIS-Basis-DLM/3 definierte Attribut „Offene oder geschlossene Bebauung“ (BEB) für die Objektarten 2111, 2113 und 2114 verwendet werden (Attribut ist für Objektart Industrie/

**Tab. 5:** Mittlerer Bodenversiegelungsgrad getrennt für Frei- und Gebäudeflächen relevanter ATKIS-Objektarten, in Klammern jeweils Standardabweichungen.

ATKIS-Objektart	VSG <sub>Freifläche</sub> [%]	VSG <sub>Gebäude</sub> [%]
2111	37,5 (11,6)	97,7 (6,1)
2112	46,4 (20,2)	98,9 (2,8)
2113	30,3 (14,9)	97,9 (3,6)
2114	45,7 (16,8)	96,5 (6,3)



**Tab. 6:** Mittlere Bodenversiegelungswerte unter Nutzung des DLM/3-Attributs „Offene/geschlossene Bebauung BEB“, in Klammern jeweils die Standardabweichung.

ATKIS-Objektart	VSG <sub>offene Bebauung</sub> [%]	VSG <sub>geschlossene Bebauung</sub> [%]
2111	42,2 (13,2)	64,7 (13,2)
2113	31,8 (14,7)	70,4 ( 8,6)
2114	53,2 (19,8)	78,9 (12,3)

Gewerbe (2112) nicht definiert). Da in den einzelnen Bundesländern erst mit der Erfassung des DLM/3 begonnen wurde, war auch dieses Attribut für Dresden noch nicht belegt und wurde durch visuelle Interpretation für die relevanten ATKIS-Objektarten gesetzt. Tab. 6 zeigt den mittleren Bodenversiegelungsgrad für diese Objektarten unter Differenzierung des ATKIS-Attributs Bebauung (BEB).

Deutlich werden die nur geringfügig niedrigeren Bodenversiegelungswerte für die offene Bebauung, aber die sehr starke Erhöhung der Werte für die geschlossene Bebauung, die zwischen 13,8% (2111) und 24,7% (2113) über denen der offenen Bebauung liegen. Damit können letztlich auch die hoch verdichteten Stadtgebiete genauer in ihrem Versiegelungsgrad ausgewiesen werden.

Eine weitere Einschränkung der Genauigkeit der Bodenversiegelungserhebung sind derzeit die in der Regel vollversiegelten Straßenflächen. Das Attribut Breite des Verkehrsweges (BRV) ist bei dem DLM/2 für die Objektart „Straßenverkehr“ (3101), „Straßenkörper“ (3105) und „Fahrbahn“ (3106) innerhalb von Ortslagen in der Regel noch nicht belegt. Damit können Straßenflächen, die im ATKIS nur als Liniengeometrien erfasst sind, nicht separat in Bodenversiegelungsberechnungen eingehen und verfälschen dadurch die Mittelwerte relevanter Objektarten bebauter Flächen. Im DLM/3 werden die Attribute „Besondere Fahrstreifen“ (BFS) mit der Info ohne/mit Radweg bzw. ohne/mit Fußweg, Breite der Fahrbahn (BRF) mit der tatsächlichen

Fahrbahnbreite sowie das Attribut Breite des Verkehrsweges (BRV) zur Verfügung stehen. So können durch Pufferzonenbildung mit dem Attribut „Straßenbreite“ Straßenflächen erzeugt werden, die dann mit speziell errechneten Mittelwerten der Bodenversiegelung (die nahe bei 100% liegen werden) belegt werden. Die Straßenpolygone werden aus den angrenzenden Polygonen ausgeschnitten und die verbleibenden „Restpolygone“ mit Referenzwerten der mittleren Bodenversiegelung ohne Straßenanteile bewertet. Natürlich verlangt dieses Vorgehen dann den Zugriff auf ATKIS-Geometrien und nicht nur auf ATKIS-Flächenbilanzen der Objektarten.

Sobald DLM/3-Daten für die Stadtfläche Dresden zur Verfügung stehen, werden die mittleren Versiegelungswerte für die Freiflächen aller Objektarten bestimmt und das erweiterte Verfahren damit getestet.

Sinnvoll wäre eine Verbesserung der empirisch ermittelten Werte durch weitere Teststädte, für die Geometrien von hochgenauen Versiegelungserhebungen sowie das ATKIS-DLM/3 vorliegen.

Durch die Fortführung von ATKIS zur Version DLM/3 auf Basis von Ortholuftbildern ist in Zukunft mit sehr genauen Geometriedaten zu rechnen. So sollten die im ATKIS-DLM/2 teilweise bestehenden erheblichen Lageverschiebungen, die bei der Verschneidung mit anderen Geometriedaten (z. B. hochgenauen Versiegelungskartierungen) zu erheblichen Fehlern führen, der Vergangenheit angehören und damit auch genauere mittlere Referenzwerte der Bodenversiegelung für die Objektarten ermöglichen.

Letztlich lassen auch Aufbau und Gliederung des ATKIS-Objektartenkatalogs weitere Objektarten und Attribute aus topographischer bzw. auch fachlicher Art als Ergänzung zu. An dieser Stelle wird darum die Hoffnung ausgesprochen, dass wichtige Fachdaten, wie u. a. die Bodenversiegelung oder auch eine genauere Differenzierung der Bauungsstruktur, zukünftig in ATKIS integriert werden können.

## Danksagung

Der Stadtentwässerung Dresden GmbH wird ausdrücklich für die kostenfreie Bereitstellung der Versiegelungsdaten für die Stadtfläche Dresdens gedankt.

## Literatur

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), 2003: Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem. Objektartenkatalog (ATKIS – OK), Teil D0, Erläuterungen zu allen Teilkatalogen (Version 3.2), Stand 01.07.2003.
- Bodenfläche nach Art tatsächlicher Nutzung – Methodische Erläuterungen und Eckzahlen – 2001 (2002): – Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Auszug Fachserie 3, Reihe 5.1, Statistisches Bundesamt Wiesbaden.
- DAHLMANN, I., GUNREBEN, M. & THARSEN, J., 2001: Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. – Bodenschutz, 3/2001: 79–84.
- DOSCH, F., 2002: Auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Flächennutzung? – Informationen zur Raumentwicklung, 1/2: 31–45.
- Digitaler Umweltatlas der Stadt Berlin ([www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/))
- HEBER, B. & LEHMANN, I., 1993: Stadtstrukturelle Orientierungswerte für die Bodenversiegelung. – IÖR-Schriften 05, Dresden.
- HERNIG, A., 2005: Erhebung von Bodenversiegelungsprofilen für relevante Klassen von Geobasisdaten auf Grundlage hochgenauer Versiegelungskartierungen. – Diplomarbeit, TU Dresden.
- MEINEL, G. & HENNERSDORF, J., 2000: Fortschreibung von Stadtstrukturtypenkarten auf Basis von IRS-1C-Satellitenbilddaten am Beispiel des Stadtgebietes Dresden. – Abschlussbericht (unveröff.).
- MEINEL, G. & NETZBAND, M., 1996: Erarbeitung von Übersichtskarten zur Versiegelungsintensität. – UFZ-Berichte, Stadtökologische Forschungen Nr. 7, Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (Leipzig), ISSN 0948–9452, S. V1–V60.
- MEINEL, G. & NETZBAND, M., 1997: Bestimmung der Oberflächenversiegelung von Stadtgebieten auf Grundlage von ATM-Scannerdaten. – Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation (PFG), 1997 (2): 93–102; E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Stadtentwässerung Dresden, 1999: Technische Richtlinien – Abflusswirksame Flächen.
- Stadtentwässerung Dresden, 2000: Auswerte- und Erfassungsvorschrift Luftbilddauswertung „Versiegelte Flächen“
- Statistisches Bundesamt, 2004: Siedlungs- und Verkehrsfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, Erläuterungen und Eckzahlen. – „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“, Wiesbaden.
- Umweltatlas Dresden, 2002: Hrsg. Umweltamt der Stadt Dresden.
- Umweltbundesamt, 2003: Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr. – UBA-Texte 90/03.

Anschrift der Verfasser:

Dr.-Ing. GOTTHARD MEINEL

e-mail: [G.Meinel@ioer.de](mailto:G.Meinel@ioer.de)

Dipl.-Ing. ANITA HERNIG

e-mail: [Anita.Hernig@web.de](mailto:Anita.Hernig@web.de)

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Weberplatz 1, D-01217 Dresden

Manuskript eingereicht: Dezember 2005

Angenommen: Januar 2006