Flächennutzungsmonitoring
Konzepte – Indikatoren – Statistik

Shaker Verlag · 2009

ISBN: 978-3-8322-8740-5

Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: Ansatz der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder

Britta Frie, Ralph Hensel

Frie, B.; Hensel, R. (2009): Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: Ansatz der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker, S. 17-45.

SHAKER VERLAG

Shaker Verlag – www.shaker.de

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

IÖR – www.ioer.de

Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: Ansatz der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder

Nachdruck mit Genehmigung des Landesamtes für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.): Frie, B.; Hensel, R. (2007): Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: UGRdL-Ansatz. In: Statist. Analysen und Studien NRW, Bd. 44, 19-32, Düsseldorf.

Britta Frie, Ralph Hensel

Zusammenfassung

Anthropogene Bodenversiegelung ist vorrangig abhängig von der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV). Dabei werden Böden bebaut, asphaltiert, mit wassergebundenen Decken versehen, stark verdichtet und auf andere Weise ganz oder teilweise versiegelt. Die Auswirkungen auf den Schutz der natürlichen Bodenfunktionen und die Speicherfunktionen des Bodens (z. B. für Wasser) sind teilweise irreversibel und belasten auch andere Umweltbereiche[1]. Aus diesem Grunde stiegen in den letzten Jahren die Forderungen nach einem zusätzlichen Nachhaltigkeitsindikator Bodenversiegelung, der als Steuerungsinstrument für politische Entscheidungsträger mit herangezogen werden kann. Für die Berechnung der Versiegelung wurde jetzt auf Ebene der Bundesländer ein Schätzverfahren entwickelt, das im Folgenden vorgestellt wird.

1 Einleitung

Bodenversiegelung gehört als Teilaspekt des Flächenverbrauchs zu den Hauptbelastungsfaktoren des Ökosystems Boden. Damit ist die Bodenversiegelung als Teil der Flächeninanspruchnahme durch urban-industrielle Überformung in den letzten Jahren zunehmend zum Thema deutscher Nachhaltigkeitspolitik geworden.

Jedoch liegen bundesweit keine flächendeckenden Daten zur Bodenversiegelung vor. Aus diesem Grunde beauftragte die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft

[1] Vgl. im Detail: Umweltbundesamt 2003.

Bodenschutz (LABO) im Jahr 2005 eine Expertengruppe aus Bund und Ländern, ein geeignetes Schätzverfahren zur Ermittlung der Bodenversiegelung auf Bundesländerebene zu entwickeln, das den Nachhaltigkeitsindikator „Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsfläche“ um eine zusätzliche Komponente erweitert (Dahlmann, Gunreben u. a. 2007).

Unter der Federführung des Niedersächsischen Umweltministeriums und der Geschäftsführung des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen trafen sich als ständige Mitglieder der Expertengruppe Vertreter des Umweltbundesamtes (UBA), des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) sowie der Arbeitsgruppe Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL)[2] zu mehreren Fachgesprächen. Dabei wurde die Gruppe zusätzlich durch Experten aus anderen Institutionen[3] unterstützt, deren Informationen und Anregungen teilweise in das Schätzverfahren zur Bodenversiegelung einflossen.

2 Anforderungen an den Indikator Versiegelung

Um eine geeignete Methode zur Schätzung der Bodenversiegelung entwickeln zu können, war es vorab notwendig, ein Anforderungsprofil für den zukünftigen Indikator zu erstellen.

Als öffentlichkeitswirksame Kenngröße soll der Indikator ein politisches Steuerungsinstrument darstellen, welches bestimmte ökologische Aspekte der Flächeninanspruchnahme, insbesondere im Hinblick auf den Bodenschutz und die Wohnumfeldqualität, kennzeichnet (vgl. Dahlmann, Gunreben u. a. 2007).

Im ersten Schritt musste der Begriff Bodenversiegelung eindeutig definiert werden, da fälschlicherweise häufig die gesamte SuV als versiegelte Bodenfläche angesehen wird, obwohl innerhalb der SuV auch Parkanlagen, Gärten und Freiflächen berücksichtigt werden. Unter versiegelten Flächen werden diejenigen Flächen verstanden, die aus städtebaulicher Sicht überbaut oder befestigt sind (z. B. wassergebundene Oberflächen, asphaltierte, betonierte oder gepflasterte Flächen).

---

[2] Vgl. www.ugrdl.de.

[3] Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden; Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin; GIT HydroS Consult GmbH, Freiburg im Breisgau; Regio GIS+Planung, Duisburg; Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg.

Anforderungsprofil für den zukünftigen Indikator

- Grundlage für den Indikator Versiegelung muss eine bundeseinheitliche Definition von Versiegelung sein.
- Die Datengrundlage zur Erhebung des Indikators muss bundesweit verfügbar sein, zusätzliche Erhebungen sollten – auch aus Kostengründen – entfallen.
- Der Indikator muss eine quantifizierbare Größe sein, mit dem sich Zeitreihen erstellen lassen und Trendaussagen ermöglicht werden.
- Das Verfahren zur Berechnung des Indikators soll einfach, transparent und gut kommunizierbar sein.
- Bei der Erhebung des Indikators Versiegelung sollte eine enge Korrespondenz mit der Datenerhebung der SuV (Indikator „Flächeninanspruchnahme“) bestehen.
- Eine Aggregierung der Daten auf kommunaler Ebene sollte möglich sein.
- Die Darstellung eines mittleren Versiegelungsanteils und eines entsprechenden Schwankungsbereiches der ermittelten Werte ist wünschenswert.
- Wünschenswert ist die Differenzierbarkeit nach Gebietstypen bzw. Raumkategorien, um die unterschiedlichen Versiegelungsgrade in ländlichen Gebieten von denen in verdichteten und hoch verdichteten Gebieten abzugrenzen.

Als öffentlichkeitswirksame Kenngröße soll der Indikator ein politisches Steuerungsinstrument darstellen, welches bestimmte ökologische Aspekte der Flächeninanspruchnahme, insbesondere im Hinblick auf den Bodenschutz und die Wohnumfeldqualität, kennzeichnet. (Vgl. Dahlmann, Gunreben u. a. 2007.)

3 Ansätze zur Bodenversiegelung

Da laut Anforderungsprofil keine zusätzlichen Erhebungen zur Ermittlung der Bodenversiegelung durchgeführt werden sollten, wurde überprüft, ob die vorhandenen Methoden zur Ermittlung der Versiegelung ohne zusätzliche Erhebungen eine bundesweite Berechnung erlauben.

Die im Folgenden aufgeführten Methodenansätze lassen sich aufgrund ihrer verschiedenen Erhebungsverfahren bzw. ihrer Datengrundlage in vier Gruppen zusammenfassen:

1. Erhebungen mittels Fernerkundungsdaten (Satelliten- bzw. Luftbildauswertung),
2. Auswertung der Erhebungen zu städtebaulichen Strukturtypen,
3. Berechnungen auf der Grundlage von ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem),
4. Berechnungen auf Grundlage der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung.

Für die Auswahl der geeigneten Methode zur Ermittlung des Indikators Versiegelung wurden die vier Ansätze den einzelnen Punkten im Anforderungsprofil gegenübergestellt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Eignung der einzelnen Methodenansätze bezogen auf die formulierten Anforderungen an den Indikator.

Tab. 1: Eignung verschiedener Methoden für die Erhebung eines Indikators Versiegelung in Abhängigkeit vom Anforderungsprofil (Quelle: UGRdL)

Anforderungen	Fernerkundung	Städtebauliche Strukturen	ATKIS	Flächenerhebung
Quantifizierung und Zeitreihendarstellung möglich	ja (falls entsprechende Szenen/Bilder vorliegen)	nein	nein	ja
Einfache und gut kommunizierbare Erhebungsmethode	nein	nein	ja	ja
Datengrundlage ist bundesweit vorhanden	nein	nein	ja	ja
Enge Korrespondenz mit Indikator Flächeninanspruchnahme	nein	nein	nein	ja
Aggregierung auf kommunaler Ebene ist möglich	ja (falls Verschneidung mit administrativen Geometrien möglich ist)	ja (falls Verschneidung mit administrativen Geometrien möglich ist)	ja	ja
Darstellung sowohl eines mittleren Versiegelungsanteils als auch eines Schwankungsbereichs ist möglich	ja	ja	ja	ja
Differenzierung nach Raumkategorien ist möglich	nur falls Verschneidung mit administrativen Geometrien möglich ist	ja	ja	ja

Zu 1: Obwohl der Einsatz von Satelliten- bzw. Luftbilddaten eine gute Bodenauflösung sowie kleinräumig detaillierte Bodenauswertungen erlauben, kommt dieser Ansatz zurzeit aus zwei Gründen noch nicht für die bundesweite Ermittlung der Versiegelung in Betracht:

- Bundesweite Aufnahmen mit vergleichbarer Qualität liegen bisher nicht vor (u. a. gleicher Satellit, gleiche Auflösung).
- Die Datenerhebung ist noch zu kostenintensiv.

Zu 2: Eine bundesweite Vergleichbarkeit der Bodenversiegelung durch die Übertragbarkeit der Versiegelungsanteile aus den städtebaulichen Strukturtypen (vgl. Arlt u. a. 2001) in andere Klassifikationen (z. B. Klassen der tatsächlichen Nutzung) ist momentan noch nicht gegeben, sodass dieser Ansatz auch nicht gewählt wurde.

Zu 3: Für die Erhebung der Versiegelung lässt sich bis jetzt auch das Berechnungsmodell mittels direkter ATKIS-Auswertungen nicht einsetzen, da zum einen der Gebäudebestand erst mit der neuen Version ATKIS-Basis-DLM/3 eingepflegt wird. Zum anderen ist bisher eine Trend- und Zeitreihendarstellung wegen fehlender Historienverwaltung nicht möglich.

Zu 4: Bei der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung handelt es sich um eine Sekundärstatistik. Die Daten werden alle vier Jahre mit Stichtag 31.12. von den Katasterämtern zur Verfügung gestellt. Die Verwendung der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung weist gegenüber den anderen Ansätzen drei entscheidende Vorteile auf:

- Die Daten sind bundesweit verfügbar.
- Die Anbindung an den Indikator „Flächeninanspruchnahme“ ist gewährleistet.
- Zeitreihen und Trendaussagen sind möglich.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass

a) die Ergebnisse für die einzelnen Nutzungsarten[4] in tieferer Gliederung (z. B. Nutzungsart 140, Gebäude- und Freifläche für Handel und Dienstleistungen) nicht in jedem Bundesland erhoben werden,

b) Umschlüsselungen von Nutzungsarten auf tiefer regionaler Ebene zwischen einzelnen Jahren (z. B. im Zuge von Flurbereinigungsverfahren) zu nicht plausiblen Ergebnissen in den Zeitreihen führen,

c) die Zuordnung der einzelnen Nutzungsarten in der tiefsten Gliederung (1er- und 10er-Position) nicht in jedem Katasteramt gleich gehandhabt wird.

---

[4] Nutzungsarten gegliedert nach 1er-, 10er- und 100er-Positionen aus dem ADV-Nutzungsverzeichnis.

Seit dem Jahr 2000 werden jährlich zusätzlich als Teilerhebung aus der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung die zusammengesetzten Nutzungsarten für die Siedlungs- und Verkehrsfläche je Bundesland erfragt.

Verfügbare Daten

- **Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung**
  - *bundesweit nur alle vier Jahre*
  - *tiefe regionale Gliederung*
  - *tiefe Gliederung innerhalb der Nutzungsarten*
- **Teilerhebung: Siedlungs- und Verkehrsfläche je Bundesland**
  - *jährlich bundesweit seit dem Jahr 2000*
  - *regionale Gliederung (nur Länderebene)*
  - *zusammengefasste Nutzungsarten*

Die Teilerhebung mit den zusammengefassten Nutzungsarten auf Bundesländerebene birgt den ganz großen Vorteil, dass die Unschärfen, die sich aus der tiefen regionalen Gliederung bzw. der tiefen Gliederung innerhalb der Nutzungsarten ergeben, in der Regel nivelliert werden. Hinzu kommt, dass durch die jährliche Erhebung Zeitreihen und Trendaussagen möglich sind (vgl. Abb. 1).

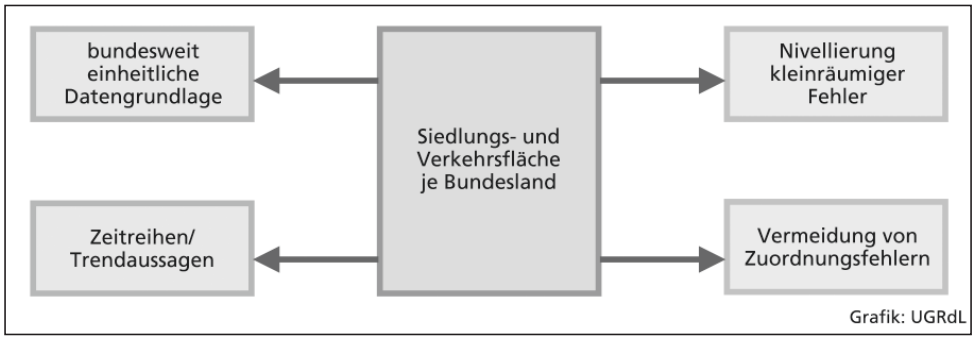

Abb. 1: Leistungsfähigkeit der Datengrundlage (Quelle: UGRdL)

Folglich wurden im nächsten Schritt die vorhandenen Ansätze zur Bestimmung der Bodenversiegelung auf der Grundlage der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung auf ihre Eignung geprüft.

Zur Wahl standen:

1. das niedersächsische Berechnungsmodell, auch kurz als NLÖ-Ansatz bezeichnet (Tharsen u. a. 2001; Dahlmann u. a. 2001), sowie
2. der im Rahmen der Koordinierungsaufgabe für die AG Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) vom Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW untersuchte Singer-Ansatz (Singer 1995; Birkmann 2004).

Der NLÖ-Ansatz verwendet feste Versiegelungsanteile für die einzelnen Nutzungsarten in tiefster Gliederung, die sich aus einer Felduntersuchung für die Stadt Hildesheim ergeben haben. Mit der Annahme, dass diese festen Versiegelungsanteile überall gleich sind, werden sie auf andere Regionaleinheiten übertragen.

Singer hat dagegen in seiner Untersuchung die Freiflächen für die einzelnen Nutzungsarten in tiefster Gliederung bestimmt. Die versiegelte Fläche ergibt sich aus der Subtraktion der Freiflächen von der Gesamtfläche der Regionaleinheit (ohne Wasserflächen).

Die Zuweisung der Freiflächenanteile zu den einzelnen Nutzungsarten beruht auf reinen Plausibilitätsüberlegungen unter Hinzunahme verschiedener Untersuchungen. Zusätzlich berücksichtigt dieser Ansatz bis zu einem gewissen Maße auch strukturelle Unterschiede zwischen Regionaleinheiten, indem er ein sogenanntes Verdichtungsmaß einführte. Der Grundgedanke ist, dass in dicht besiedelten Regionen die verfügbaren Flächen knapper sind und somit tendenziell intensiver genutzt werden, was folglich zu einer höheren Verdichtung führt. Es handelt sich bei Singer um einen rein theoretischen Ansatz.

Um die Aussagekraft der beiden Ansätze besser prüfen zu können, wurden Vergleichsberechnungen durchgeführt, denen auch noch andere Untersuchungen gegenübergestellt wurden (vgl. Tab. 4). Die Berechnungen nach dem NLÖ-Ansatz ergeben deutlich niedrigere Ergebnisse für den Versiegelungsgrad als der Singer-Ansatz. Für Niedersachsen wird ein Anteil der versiegelten Fläche an der Gesamtfläche von 4,5 % (1997) angegeben. Dagegen ergibt sich nach dem Singer-Ansatz (2001) ein Anteil von 7,4 %. Bei einer Betrachtung in tieferer regionaler Gliederung hat Hannover nach dem NLÖ-Ansatz innerhalb Niedersachsens mit 25 % den höchsten Versiegelungsgrad. Bei einer Berechnung nach dem Singer-Ansatz ergibt sich dagegen für Hannover ein Versiegelungsgrad von 39,9 %. Für das Land Berlin als großer Ballungsraum liegt der Wert des NLÖ-Ansatzes bei 24,7 %, während der Singer-Ansatz bei 38,5 % liegt. Die

Versiegelungsgrade nach dem Umweltatlas Berlin liegen für 2001 bei 34,7 % (vgl. Umweltatlas Berlin). Ähnlicher sind die Ergebnisse für dörflich strukturierte Gemeinden, deren Bandbreite zwischen 3 % und 7 % beim NLÖ-Ansatz und zwischen 3,2 % und 4,7 % bei Singer liegen. Insgesamt ist festzustellen, dass der NLÖ-Ansatz eher eine untere Grenze der tatsächlichen Versiegelung angibt und der Singer-Ansatz eine obere Grenze.

Die Vergleiche zeigen, dass keiner von beiden Ansätzen für alle Regionen überzeugende Ergebnisse liefert. Deshalb wurde eine neue Methode entwickelt. Ausgangspunkt war dabei der Grundgedanke des Singer-Ansatzes, dass Versiegelungsanteile der Nutzungsarten nicht immer gleich sein müssen, sondern auch von den Verdichtungsunterschieden zwischen den Regionen abhängen.

4 UGRdL-Ansatz

Bundesweit liegen zurzeit keine flächendeckenden Zahlen zur Bodenversiegelung vor.

Daher wird die Versiegelung für die einzelnen Bundesländer auf Grundlage der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung geschätzt. Flächen außerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche werden nicht betrachtet, obwohl es auch da, wenn auch in geringem Umfang, versiegelte Flächen geben kann, z. B. bei landwirtschaftlichen Betriebsflächen. Aus diesem Grunde wird die Definition für Bodenversiegelung um diesen einschränkenden Aspekt erweitert.

Definition:
Bodenversiegelung nach UGRdL-Ansatz

Unter versiegelten Flächen werden diejenigen Flächen innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) verstanden, die überbaut oder befestigt sind (z. B. wassergebundene Oberflächen, asphaltierte, betonierte oder gepflasterte Flächen).

Nicht erfasst werden hingegen die im Kontext einer bundesweiten Betrachtung quantitativ unbedeutenden versiegelten Flächen, die außerhalb der SuV liegen.

Die Berechnung beruht in ihrem Grundgedanken auf der von Christian Singer entwickelten Methode (Singer 1995), wobei den Nutzungsarten der Flächenerhebung jeweils ein Versiegelungsanteil (s. u. Definition Versiegelungsanteil) zugeordnet wird. Um die Abhängigkeit der Versiegelung von der Dichte der Besiedlung zu berücksichtigen, wird als Korrekturgröße das Verdichtungsmaß eingeführt (vgl. Abb. 2).

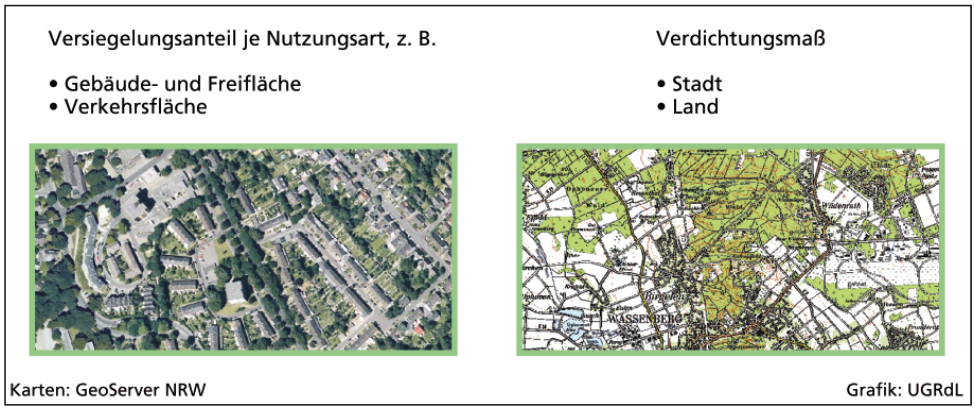

Abb. 2: Versiegelungsanteil und Verdichtungsmaß als Grundlage für die Berechnung der Bodenversiegelung (Quelle: UGRdL)

Wie bereits erwähnt, wird seit dem Jahr 2000 jährlich die Siedlungs- und Verkehrsfläche für alle Bundesländer erhoben. Im UGRdL-Ansatz werden die Versiegelungsanteile jeweils den 100er-Positionen des AdV-Nutzungsartenverzeichnisses zugewiesen, die definitionsgemäß zusammen die Siedlungs- und Verkehrsfläche ergeben:

Definition:
Siedlungs- und Verkehrsfläche nach dem ADV-Nutzungsartenverzeichnis

Gebäude- und Freifläche (Nutzungsart 100/200)

Betriebsfläche ohne Abbauland (Nutzungsart 300 ohne 310)

Erholungsfläche (Nutzungsart 400)

Verkehrsfläche (Nutzungsart 500)

Friedhof (Nutzungsart 940)

Auf eine höhere Differenzierung in den einzelnen Nutzungsarten (10er- und 1er-Positionen) sowie auf eine kleinräumigere Berechnung wird bei der Schätzung der Versiegelung verzichtet, da nicht für alle Bundesländer tiefere regionale Ergebnisse aus der Flächenerhebung vorliegen. Die Berücksichtigung der tiefer gegliederten 10er- und 1er-Positionen führen in der Regel zu keinen besseren Ergebnissen, wie parallel durchgeführte Testrechnungen gezeigt haben. Darüber hinaus können mit der Beschränkung auf die 100er-Positionen kleinräumige Erfassungsfehler sowie Zuordnungsfehler bei den tiefer gegliederten Nutzungsarten vermieden werden.

4.1 Ermittlung der Versiegelungsanteile

Definition:
Versiegelungsanteil

Anteil der versiegelten Fläche an der Gesamtfläche einer Nutzungsart.

Für die Ermittlung der Versiegelungsanteile bzw. ihrer Schwankungsbreiten wurden neben dem Singer-Ansatz (Singer 1995) mehrere Ansätze zur Berechnung oder Kartierung der Bodenversiegelung herangezogen. Diese beruhen auf der tatsächlichen Messung der Versiegelung jeweils flächendeckend für ganze Städte oder Stadtregionen bzw. auf Stichprobenflächen. Dabei werden sowohl stark wie auch schwach verdichtete Räume berücksichtigt:

- Flächennutzungskartierung des Regionalverbandes Ruhr (http://www.rvr-online.de/daten/luftbilder/flaechennutzung.shtml)
- Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/waboa)
- Umweltatlas Berlin (http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas)
- Untersuchungen zur Bodenversiegelung in Niedersachsen (Dahlmann u. a. 2001; Tharsen u. a. 2001).

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden die in den einzelnen Studien verwandten Gliederungen der Flächenarten in die Nutzungsartengliederung der Flächenerhebung überführt. Trotzdem ergeben die gemessenen Versiegelungswerte in den o. a. Erhebungen kein durchweg einheitliches

Bild. Dies ist zumindest teilweise auf die unterschiedliche Verdichtung, z. B. zwischen Stadt und Land, in den betrachteten Arealen zurückzuführen.

Die Versiegelungsanteile der Nutzungsarten nach der hier verwandten Methode beruhen auf Plausibilitätsüberlegungen, da bundesweit keine flächendeckenden, vergleichbaren Untersuchungen vorliegen. Diese Überlegungen wurden jedoch durch die Einbeziehung der Ergebnisse der o. g. Vergleichsstudien untermauert.

Die Versiegelungsanteile einzelner Nutzungsarten sind nicht in jeder Region gleich, sondern von der Dichte der Besiedlung abhängig. Deshalb werden für die Nutzungsarten folgende Grundannahmen gemacht:

- **Gebäude- und Freifläche** sowie **Verkehrsfläche**: In einer dicht besiedelten Region sind die Flächen knapper und werden deshalb intensiver genutzt, was zu höheren Versiegelungsanteilen führt.
- **Erholungsfläche**: In dicht besiedelten Regionen ist der Anteil der Grünanlagen an der Erholungsfläche tendenziell höher, welches zu einem niedrigeren Versiegelungsanteil führt. Diese Annahme wird gemacht, weil die Erhebungen zeigen, dass bei hoher Verdichtung die Grünanlagen gegenüber den Sportflächen mehr Bedeutung gewinnen.
- **Betriebsflächen** und **Friedhöfe**: Der Versiegelungsanteil wird als verdichtungsunabhängig eingestuft, da angenommen wird, dass dieser in den jeweiligen Nutzungsarten aufgrund der baulichen Rahmenbedingungen gleich bleibt.

Mithilfe der Ergebnisse aus den o. g. Felduntersuchungen wurden Annahmen über die Minimal- und Maximalwerte der Versiegelungsanteile (VA) der einzelnen Nutzungsarten für das Ausgangsjahr der Berechnung (2000) formuliert. Diese Annahmen zu den Minimal- und Maximalwerten sind nur fest für die Bundesländer im Ausgangsjahr (Tab. 2). Sie dürfen nicht als absolute Grenzen verstanden werden, die für alle Jahre und Regionaleinheiten gelten. Insbesondere bei einer detaillierten regionalen Betrachtungsweise können die Streuungen (z. B. bei ländlichen oder städtischen Regionen) stärker sein. So kann beispielsweise der Versiegelungsanteil für die Nutzungsart Gebäude- und Freifläche bei einer Kommune (als kleinste regionale Einheit) auf maximal 60 % ansteigen, wenn diese sehr hoch verdichtet ist. Darüber hinaus ist nicht auszuschließen, dass in einigen Jahren diese vordefinierten Versiegelungsanteile durch neue Erkenntnisse aus Felduntersuchungen, die geändertes Versiegelungsverhalten zeigen, korrigiert werden müssen.

Tab. 2: Versiegelungsanteil im Ausgangsjahr 2000 nach Nutzungsarten (Quelle: UGRdL)

Nutzungsart		Versiegelung verdichtungs-abhängig	Versiegelungsanteil (VA) im Ausgangsjahr 2000	
			Minimalwert	Maximalwert
			%	
100/200	Gebäude- und Freifläche	ja	45	55
300 ohne 310	Betriebsfläche ohne Abbauland	nein	20	20
400	Erholungsfläche	ja	10	15
500	Verkehrsfläche	ja	50	70
940	Friedhof	nein	15	15

4.2 Bestimmung des Verdichtungsmaßes

Vor dem Hintergrund, dass die Versiegelungsanteile der einzelnen Nutzungsarten der Siedlungs- und Verkehrsfläche auch von der Dichte der Besiedlung abhängig sind, wird als Korrekturfaktor zur Berechnung der Bodenversiegelung das sogenannte Verdichtungsmaß eingeführt.

Als Verdichtungsmaß hat sich die Siedlungsflächendichte als besonders geeignet erwiesen (vgl. Abb. 3), da sie zu einem gewissen Maße die strukturellen Unterschiede in den einzelnen Bundesländern (Stadtstaat und Flächenstaat) wiedergibt und zum anderen direkt aus der Flächenerhebung entnommen werden kann.

Definition:
Siedlungsflächendichte als Verdichtungsmaß

Siedlungsflächendichte, berechnet als Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche der jeweiligen Regionaleinheit (hier Bundesland) im Berechnungsjahr.

Die Minimal- und Maximalwerte der Versiegelungsanteile (vgl. Tab. 2) werden zu den jeweiligen Siedlungsflächendichten in Beziehung gesetzt, wobei die Extremwerte des Versiegelungsanteils je Nutzungsart im Ausgangsjahr 2000 dem Land mit der niedrigsten (Mecklenburg-Vorpommern) bzw. der höchsten Siedlungsflächendichte (Berlin) zugewiesen werden (vgl. Abb. 3). So wird beispiels-

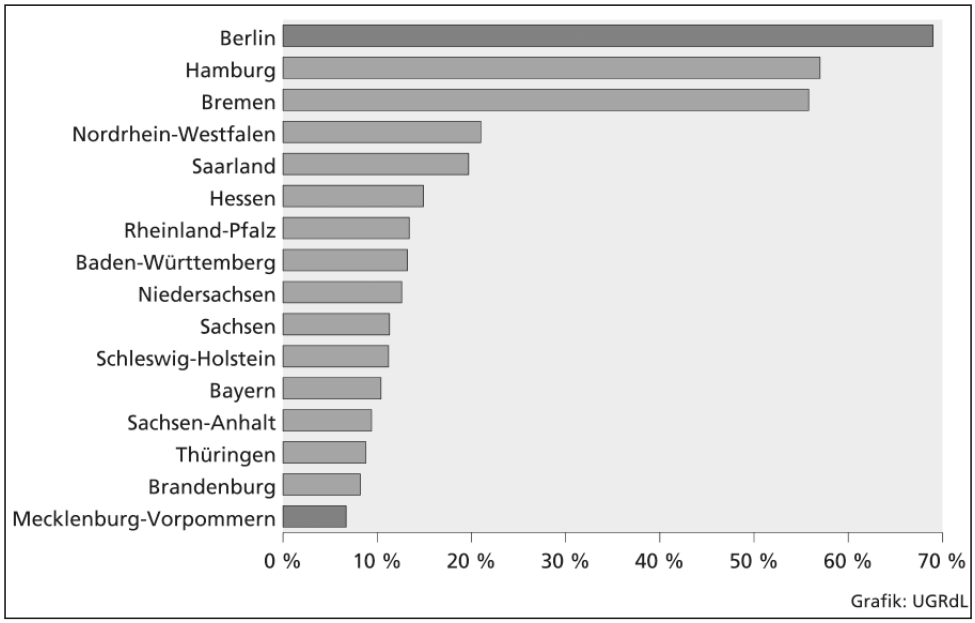

Abb. 3: Siedlungsflächendichte im Jahr 2000 nach Bundesländern (Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche) (Quelle: UGRdL)

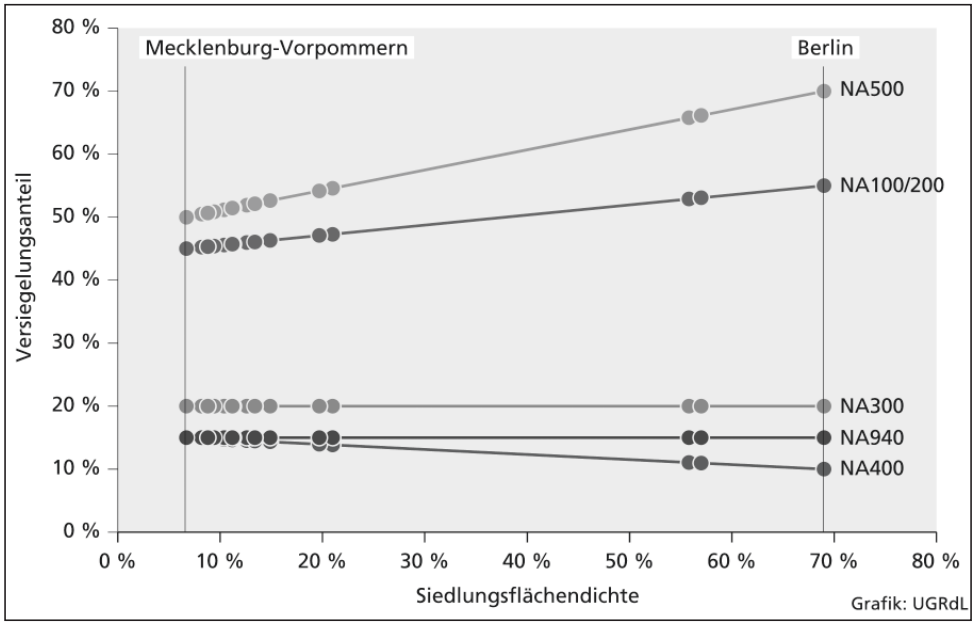

Abb. 4: Versiegelungsanteile in Abhängigkeit von der Siedlungsflächendichte im Jahr 2000 nach Nutzungsarten und Bundesländern (Quelle: UGRdL)

weise bei der Nutzungsart (NA) 500 „Verkehrsfläche“ für Mecklenburg-Vorpommern der Versiegelungsanteil auf 50 %, für Berlin der Versiegelungsanteil auf 70 % gesetzt. In Abbildung 4, die das Verhältnis zwischen Versiegelungsanteil und Siedlungsflächendichte je Nutzungsart darstellt, werden diese beiden Punkte durch eine Gerade verbunden (NA 500), auf der sich alle übrigen Bundesländer für das Ausgangsjahr 2000 anordnen.

Die Geradengleichungen (Algorithmen) für die Nutzungsarten können der Tabelle 3 entnommen werden. Eine lineare Beziehung wird unterstellt, weil das die einfachste Form des Zusammenhanges ist. Für die Ableitung einer Exponentialkurve wären wesentlich genauere Testflächendaten notwendig. Hinzu kommt, dass es keinen Hinweis darauf gibt, dass eine Exponentialkurve den Zusammenhang besser wiedergeben würde.

Tab. 3: Verhältnis zwischen Versiegelungsanteil und Verdichtungsmaß nach Nutzungsarten (Quelle: UGRdL)

Nutzungsart		**Verhältnis zwischen Versiegelungsanteil (VA) und Verdichtungsmaß (VM) (gerundet)**
100/200	Gebäude- und Freifläche	VA = 0,16VM + 43,93
300 ohne 310	Betriebsfläche ohne Abbauland	VA = 20
400	Erholungsfläche	VA = –0,08VM + 15,54
500	Verkehrsfläche	VA = 0,32VM + 47,85
940	Friedhof	VA = 15

Während sich das Verdichtungsmaß, die Siedlungsflächendichte der Regionaleinheiten (hier: Bundesländer), von Jahr zu Jahr ändert, wird angenommen, dass das Verhältnis zwischen Versiegelungsanteil und Siedlungsflächendichte konstant bleibt. Die Gerade wird somit für alle weiteren Jahre verwendet, um den verdichtungsabhängigen Versiegelungsanteil der jeweiligen Nutzungsart zu berechnen. Zur Veranschaulichung wird am Beispiel der Verkehrsfläche für Berlin (Abb. 5) gezeigt, dass sich über die Jahre der Versiegelungsanteil einer Nutzungsart immer in Abhängigkeit vom Verdichtungsmaß auf der vordefinierten Geraden befindet.

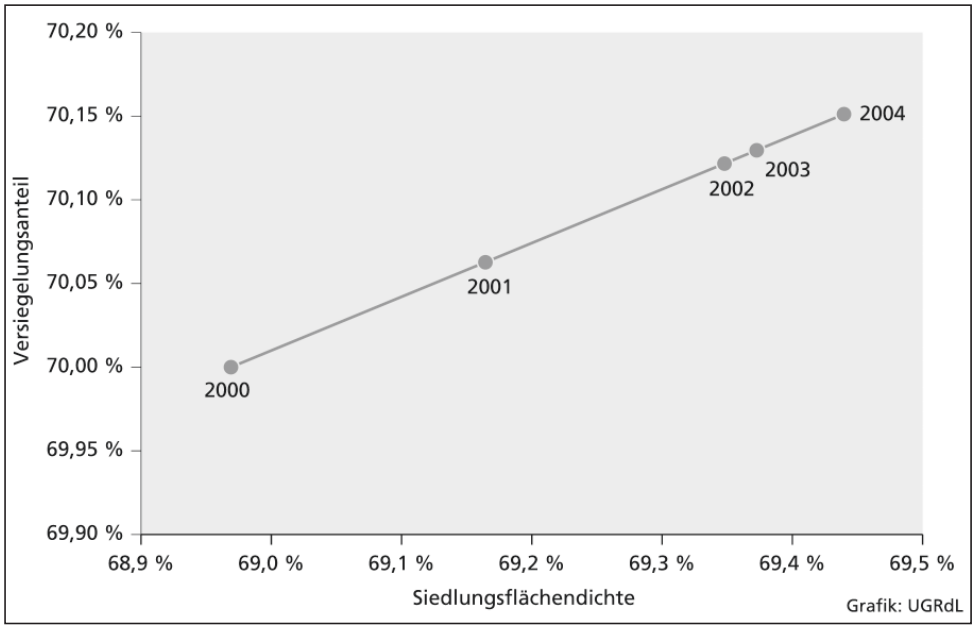

Abb. 5: Versiegelungsanteil der Verkehrsfläche in Abhängigkeit von der Siedlungsflächendichte in Berlin 2000-2004 (Quelle: UGRdL)

Diese definierte Gerade lässt sich auch auf andere Regionaleinheiten, wie Kreise und Kommunen, übertragen. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die Ergebnisse der Flächenerhebung auf diesen regionalen Ebenen plausibel sind. Proberechnungen für das Land Baden-Württemberg bestätigten diese Vorgehensweise. Die Aggregierung der Kreisergebnisse zu einem Landesergebnis ergaben für Baden-Württemberg eine minimale Abweichung von 1 % gegenüber dem Landeswert.

Die versiegelte Fläche eines Landes ergibt sich aus der Summe der versiegelten Fläche der fünf Nutzungsarten innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche (s. Abb. 6 und 7).

Der Anteil der versiegelten Fläche an der gesamten Siedlungs- und Verkehrsfläche lag im Ausgangsjahr 2000 in Mecklenburg-Vorpommern beispielsweise bei knapp 45 %, während für das am stärksten versiegelte Bundesland Berlin der Wert um ca. 5 % höher lag.

Die Schaubilder zeigen, dass neben der Verkehrsfläche die Gebäude- und Freifläche die am stärksten versiegelte Hauptnutzungsart ist.

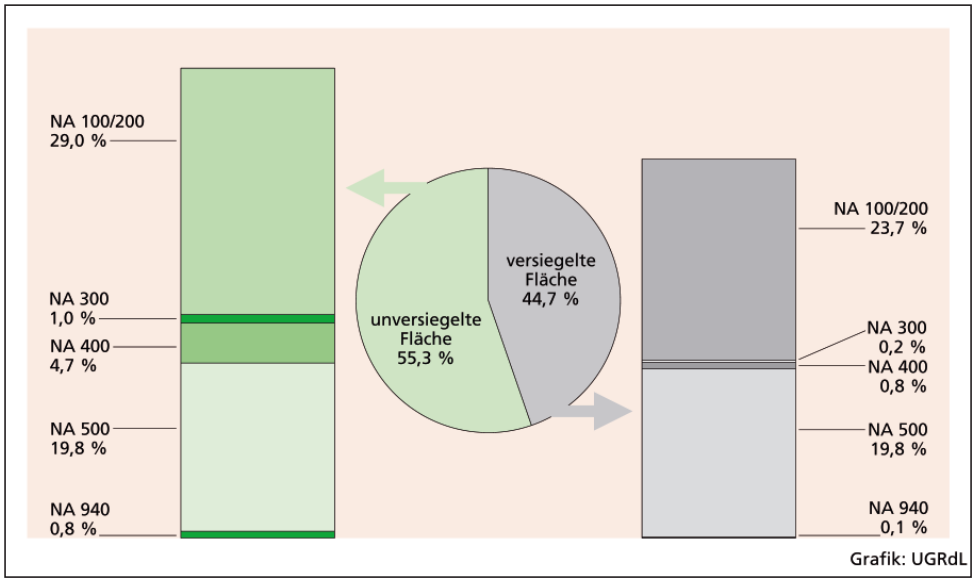

Abb. 6: Bodenversiegelung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2000 (Quelle: UGRdL)

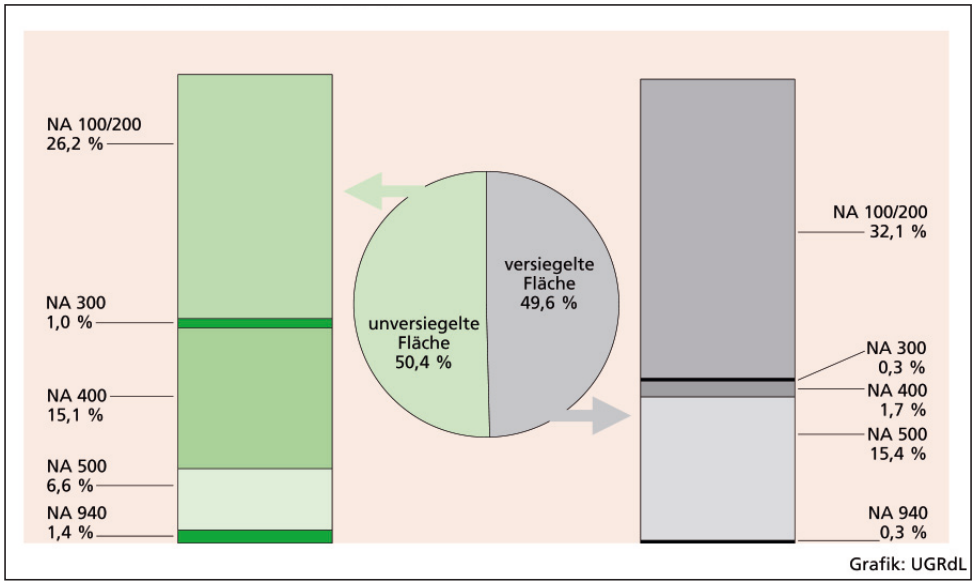

Abb. 7: Bodenversiegelung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Berlin im Jahr 2000 (Quelle: UGRdL)

Die Ergebnisse der UGRdL-Methode erscheinen im Vergleich zu anderen Erfassungsmethoden plausibel (s. Tab. 4). So liegen die Werte des UGRdL-Ansatzes zwischen dem Singer- und NLÖ-Ansatz, die die oberen und unteren Grenzen der Versiegelung wiedergeben. Darüber hinaus weicht das Ergebnis nur um 0,5 % von den Bodenversiegelungsangaben für die Stadt Berlin ab. Neben dem Ballungsraum Berlin liegt auch eine Vergleichszahl für das Flächenland Thüringen vor. Hier würde die Abweichung wohl etwas mehr als 0,1 % betragen, da die Vergleichsangabe aus dem Jahr 1993 ist. Insgesamt scheint der UGRdL-Ansatz Versiegelungsanteile sowohl in ländlichen als auch in hoch verdichteten Räumen relativ gut wiederzugeben.

Trotzdem muss – wie immer bei derartigen Schätzungen – die Frage unbeantwortet bleiben, ob die unterschiedlichen Verhältnisse in den einzelnen Bundesländern (bei den Versiegelungsanteilen einzelner Nutzungsarten und bei der Zusammensetzung der zusammengefassten Nutzungsarten) allein durch die Einführung eines Verdichtungsmaßes tatsächlich ausreichend berücksichtigt

Tab. 4: Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Studien zur Bodenversiegelung (Quelle: UGRdL)

Regionaleinheit	**Singer-Ansatz[1)]**	**NLÖ-Ansatz**	**Weitere Berechnungen**	**UGRdL-Ansatz[2)]**
	Anteil der versiegelten Fläche an der Gesamtfläche in %			
Niedersachsen	7,4	4,5[3)]	.	5,8
Hannover	39,9	25,0[3)]	.	32,4
Berlin	38,5	24,7[4)]	34,7[8)]	34,2
Düsseldorf	34,2	23,1[4)]	32,5[5)]	29,2
Thüringen	5,3	.	4,1[6)]	4,0
München	.	.	knapp 40[7)]	37,7

[1)] berechnet mit der Flächenerhebung zum 31.12.2000 – [2)] berechnet mit der Flächenerhebung zum 31.12.2000; in die Berechnung werden nur Flächen innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche einbezogen – [3)] Zahlen aus: Dahlmann, I., M. Gunreben & J. Tharsen (2001); die Zahlen beziehen sich auf das Jahr 1997 – [4)] eigene Berechnung mit der Flächenerhebung zum 31.12.2000 und den Versiegelungsanteilen des NLÖ-Ansatzes (Dahlmann et al. 2001); weil einige Nutzungsarten, die nur in Niedersachsen verwendet werden, nicht einbezogen werden können, liegen die Ergebnisse etwas höher – [5)] Angaben des Stadtplanungsamtes für 2003, errechnet nach der Realnutzungskartierung – [6)] Thüringer Landesanstalt für Umwelt (2001), eine Berechnung für Thüringen, bei der den Typen der Biotop- und Nutzungsartenkartierung durch Auswertung eines Teils der zugrunde liegenden Luftbilder Versiegelungsanteile zugewiesen wurden; die Ergebnisse beziehen sich auf 1993 – [7)] Erhebung der Stadt München auf der Basis der Strukturtypendatei für das Jahr 2000 – [8)] Angaben aus dem Umweltatlas Berlin, Stand Ende 2001.

werden können. Sollten Untersuchungen zur Versiegelung auf kleinster regionaler Ebene im Ländervergleich durchgeführt werden, wirken sich beispielsweise auch unterschiedliche Bebauungsstile zwischen Nord- und Süddeutschland auf das Ergebnis aus. Auf Länderebene wird das Gesamtergebnis dadurch nicht stark beeinflusst, wie Vergleichsrechnungen mit Zahlen vom Umweltbundesamt ergaben.

Eine weitere Einschränkung der Berechnungsqualität ergibt sich aus den bekannten Problemen der Flächenerhebung bei der Zuordnung der Flächen zu Nutzungsarten. Ein großer Teil dieser Probleme wird, wie bereits beschrieben, durch die Beschränkung der Berechnung auf die Ebene der 100er-Positionen sowie die Länderebene vermieden. Wenn aber Fehler schon bei der Ermittlung der Siedlungs- und Verkehrsfläche auftreten, müssen sie zwangsläufig auch Auswirkungen auf die Berechnung der Versiegelung haben.

Die Berechnungsergebnisse sind bestimmt durch die Zusammensetzung der Flächen nach Nutzungsarten und die Höhe des Verdichtungsmaßes; andere mögliche Einflussfaktoren, wie z. B. Entsiegelungstendenzen, können nicht erfasst werden.

Abschließend ist festzustellen, dass durch dieses Schätzverfahren die gestellten Anforderungen an den Indikator zur Bodenversiegelung auf Länderebene zum größten Teil erfüllt sind (vgl. Anforderungsprofil). Lediglich die Berechnung der Versiegelung in regional tieferen Einheiten, die eine Zusammenstellung nach Raumordnungskategorien erlauben würde, ist erst dann überall möglich, wenn die in den Flächenstatistiken erhobenen Nutzungsarten qualitativ richtig und bundeseinheitlich vergleichbar zugeordnet werden, was derzeit nicht immer der Fall ist.

Gemessen wird der Indikator Bodenversiegelung in Anlehnung an den Nachhaltigkeitsindikator Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke (vgl. BLAG NE: Kennblatt zum UMK-Indikator Nr. 06) als täglicher Zuwachs an Versiegelung innerhalb der SuV in ha/Tag.

Somit können mithilfe dieses UGRdL-Ansatzes (vgl. Abb. 8) erstmalig bundesweit die Versiegelungsanteile der Siedlungs- und Verkehrsfläche abgeschätzt werden, soweit plausibilitätsgeprüfte und validierte Basisdaten Verwendung finden.

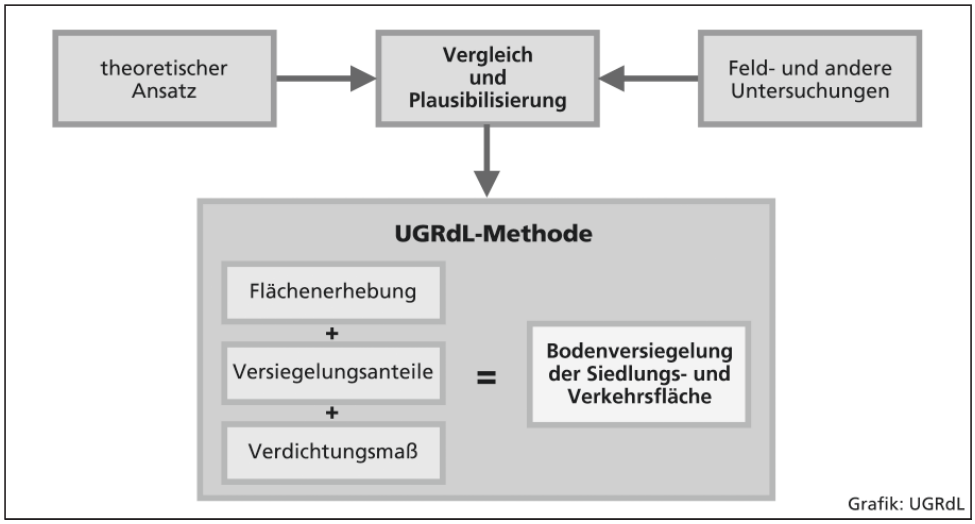

Abb. 8: Methodische Vorgehensweise (Quelle: UGRdL)

5 Ergebnisse

Ab 2000 liegen jährliche Ergebnisse für alle Bundesländer vor. Allerdings stehen für Schleswig-Holstein vom 31.12.2001 bis zum 31.12.2003 keine Ausgangszahlen aus der Flächenerhebung zur Verfügung, sondern nur geschätzte Zahlen vom Statistischen Bundesamt. Aufgrund von umstellungsbedingten Schwankungen in Sachsen-Anhalt, die mit der Bereinigung der Daten in den Katasterämtern Sachsen-Anhalts einhergingen, lassen sich die Ergebnisse der Flächenerhebung vom 31.12.2001 bis zum 31.12.2005 nicht ohne Weiteres übernehmen, sodass die folgende Ergebnisdarstellung ohne das Land Sachsen-Anhalt erfolgt.

Die einzelnen Länderergebnisse zum 31. Dezember der Jahre 2000 bis 2005 (ohne Sachsen-Anhalt) sind in den Tabellen 5 bis 8 zusammengestellt. Es liegen Daten zur Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie der versiegelten Fläche vor. Sie werden dargestellt als Absolutgrößen (in km²) und als Index (Messzahl 2000 = 100) sowie als darauf basierende Indikatoren der Zunahme (in ha/Tag).

Tab. 5: Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie versiegelte Fläche am 31.12.2000-2005 nach Bundesländern) (Quelle: UGRdL)*

Bundesland	31.12.2000	31.12.2001	31.12.2002	31.12.2003	31.12.2004	31.12.2005	Durchschnittliche tägliche Flächenzunahme[1)]
	km²						ha/Tag
	Siedlungs- und Verkehrsfläche zusammen						
Baden-Württemberg	4 718	4 761	4 800	4 838	4 870	4 902	+10,1
Bayern	7 344	7 423	7 489	7 551	7 607	7 665	+17,5
Berlin	615	617	618	619	619	621	+0,3
Brandenburg	2 416	2 450	2 480	2 510	2 536	2 576	+8,8
Bremen	226	227	227	228	228	229	+0,2
Hamburg	431	431	435	438	442	446	+0,8
Hessen	3 139	3 149	3 166	3 181	3 197	3 210	+3,9
Mecklenburg-Vorpommern	1 551	1 578	1 617	1 650	1 679	1 703	+8,3
Niedersachsen	6 023	6 078	6 121	6 167	6 234	6 285	+14,3
Nordrhein-Westfalen	7 147	7 207	7 265	7 298	7 370	7 418	+14,8
Rheinland-Pfalz	2 656	2 676	2 694	2 710	2 741	2 770	+6,2
Saarland	506	509	511	512	517	519	+0,7
Sachsen	2 073	2 102	2 123	2 138	2 148	2 159	+4,7
Schleswig-Holstein	1 760	1 791	1 822	1 853	1 884	1 900	+7,6
Thüringen	1 418	1 427	1 441	1 446	1 450	1 456	+2,1
	darunter versiegelte Fläche						
Baden-Württemberg	2 188	2 207	2 225	2 242	2 256	2 270	+4,5
Bayern	3 398	3 433	3 464	3 492	3 517	3 542	+7,9
Berlin	305	305	307	307	308	309	+0,2
Brandenburg	1 102	1 114	1 126	1 138	1 147	1 164	+3,4
Bremen	109	109	110	110	110	110	+0,1
Hamburg	210	211	213	215	217	219	+0,5
Hessen	1 467	1 471	1 479	1 485	1 492	1 498	+1,7
Mecklenburg-Vorpommern	694	703	715	726	734	741	+2,6
Niedersachsen	2 754	2 778	2 797	2 818	2 848	2 872	+6,4
Nordrhein-Westfalen	3 320	3 345	3 372	3 385	3 415	3 434	+6,3
Rheinland-Pfalz	1 181	1 190	1 198	1 206	1 220	1 232	+2,8
Saarland	235	236	237	238	240	241	+0,3
Sachsen	938	949	957	963	968	972	+1,9
Schleswig-Holstein	795	809	822	836	849	857	+3,4
Thüringen	650	654	659	660	662	665	+0,8

*) ohne Sachsen-Anhalt
1) vom 31.12.2000 bis zum 31.12.2005

Tab. 6: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche 31.12.2000-2005 nach Bundesländern) (Quelle: UGRdL)*

Bundesland	Siedlungs- und Verkehrsfläche					
	31.12.2000	31.12.2001	31.12.2002	31.12.2003	31.12.2004	31.12.2005
	2000 = 100					
Baden-Württemberg	100	100,9	101,7	102,5	103,2	103,9
Bayern	100	101,1	102,0	102,8	103,6	104,4
Berlin	100	100,3	100,6	100,6	100,7	100,9
Brandenburg	100	101,4	102,6	103,9	104,9	106,6
Bremen	100	100,4	100,6	100,8	101,1	101,3
Hamburg	100	100,1	101,0	101,6	102,7	103,5
Hessen	100	100,3	100,9	101,3	101,8	102,3
Mecklenburg-Vorpommern	100	101,7	104,3	106,4	108,2	109,8
Niedersachsen	100	100,9	101,6	102,4	103,5	104,3
Nordrhein-Westfalen	100	100,8	101,6	102,1	103,1	103,8
Rheinland-Pfalz	100	100,7	101,4	102,0	103,2	104,3
Saarland	100	100,6	100,9	101,2	102,1	102,5
Sachsen	100	101,4	102,4	103,1	103,6	104,2
Schleswig-Holstein	100	101,7	103,5	105,2	107,0	107,9
Thüringen	100	100,6	101,6	102,0	102,2	102,7
	Anteil an der Gesamtfläche des jeweiligen Bundeslandes in %					
Baden-Württemberg	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7
Bayern	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9
Berlin	69,0	69,2	69,3	69,4	69,4	69,6
Brandenburg	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7
Bremen	55,8	56,1	56,2	56,3	56,5	56,6
Hamburg	57,0	57,1	57,6	58,0	58,6	59,0
Hessen	14,9	14,9	15,0	15,1	15,1	15,2
Mecklenburg-Vorpommern	6,7	6,8	7,0	7,1	7,2	7,3
Niedersachsen	12,6	12,8	12,9	13,0	13,1	13,2
Nordrhein-Westfalen	21,0	21,1	21,3	21,4	21,6	21,8
Rheinland-Pfalz	13,4	13,5	13,6	13,7	13,8	14,0
Saarland	19,7	19,8	19,9	19,9	20,1	20,2
Sachsen	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,7
Schleswig-Holstein	11,2	11,4	11,6	11,8	11,9	12,0
Thüringen	8,8	8,8	8,9	8,9	9,0	9,0

*) ohne Sachsen-Anhalt

Tab. 7: Entwicklung der versiegelten Fläche 31.12.2000-2005 nach Bundesländern) (Quelle: UGRdL)*

Bundesland	Versiegelte Fläche					
	31.12.2000	31.12.2001	31.12.2002	31.12.2003	31.12.2004	31.12.2005
	2000 = 100					
Baden-Württemberg	100	100,9	101,7	102,5	103,1	103,7
Bayern	100	101,1	101,9	102,8	103,5	104,3
Berlin	100	100,0	100,5	100,6	100,9	101,2
Brandenburg	100	101,1	102,2	103,3	104,1	105,7
Bremen	100	100,6	100,8	101,1	101,3	101,4
Hamburg	100	100,2	101,1	102,0	103,2	104,0
Hessen	100	100,3	100,8	101,2	101,7	102,1
Mecklenburg-Vorpommern	100	101,4	103,1	104,6	105,7	106,7
Niedersachsen	100	100,9	101,6	102,3	103,4	104,3
Nordrhein-Westfalen	100	100,8	101,6	102,0	102,9	103,5
Rheinland-Pfalz	100	100,7	101,4	102,1	103,3	104,3
Saarland	100	100,6	101,0	101,4	102,1	102,5
Sachsen	100	101,2	102,1	102,7	103,2	103,6
Schleswig-Holstein	100	101,7	103,4	105,1	106,8	107,7
Thüringen	100	100,6	101,3	101,6	101,9	102,3
	Anteil an der Siedlungs- und Verkehrsfläche des jeweiligen Bundeslandes in %					
Baden-Württemberg	46,4	46,4	46,3	46,3	46,3	46,3
Bayern	46,3	46,3	46,3	46,2	46,2	46,2
Berlin	49,6	49,5	49,6	49,7	49,7	49,8
Brandenburg	45,6	45,5	45,4	45,3	45,2	45,2
Bremen	48,2	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3
Hamburg	48,8	48,9	48,9	49,0	49,1	49,1
Hessen	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7	46,7
Mecklenburg-Vorpommern	44,7	44,6	44,2	44,0	43,7	43,5
Niedersachsen	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7	45,7
Nordrhein-Westfalen	46,4	46,4	46,4	46,4	46,3	46,3
Rheinland-Pfalz	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5	44,5
Saarland	46,4	46,4	46,5	46,5	46,4	46,4
Sachsen	45,2	45,1	45,1	45,1	45,0	45,0
Schleswig-Holstein	45,2	45,2	45,1	45,1	45,1	45,1
Thüringen	45,8	45,8	45,7	45,7	45,7	45,7
	Anteil an der Gesamtfläche des jeweiligen Bundeslandes in %					
Baden-Württemberg	6,1	6,2	6,2	6,3	6,3	6,3
Bayern	4,8	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0
Berlin	34,2	34,2	34,4	34,4	34,5	34,6
Brandenburg	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9
Bremen	26,9	27,1	27,1	27,2	27,3	27,3
Hamburg	27,9	27,9	28,2	28,4	28,7	29,0
Hessen	6,9	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1
Mecklenburg-Vorpommern	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2
Niedersachsen	5,8	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0
Nordrhein-Westfalen	9,7	9,8	9,9	9,9	10,0	10,1
Rheinland-Pfalz	5,9	6,0	6,0	6,1	6,1	6,2
Saarland	9,1	9,2	9,2	9,3	9,3	9,4
Sachsen	5,1	5,2	5,2	5,2	5,3	5,3
Schleswig-Holstein	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4
Thüringen	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,1

*) ohne Sachsen-Anhalt

Tab. 8: Flächennutzung am 31.12.2000 und 2005 nach Nutzungsarten und Bundesländern)
(Quelle: UGRdL)*

Bundesland	Nutzungsart 100/200 Gebäude- und Freifläche		Nutzungsart 300 ohne 310 Betriebsfläche ohne Abbauland		Nutzungsart 400 Erholungsfläche		Nutzungsart 500 Verkehrsfläche		Nutzungsart 940 Friedhof	
	zusammen	darunter versiegelte Fläche	zusammen	darunter versiegelte Fläche	zusammen	darunter versiegelte Fläche	zusammen	darunter versiegelte Fläche	zusammen	darunter versiegelte Fläche
	km²									
	31.12.2000									
Baden-Württemberg	2 500,18	1 151,20	39,70	7,94	248,68	36,00	1 896,75	988,00	33,01	4,95
Bayern	3 662,72	1 670,09	117,83	23,57	300,26	44,14	3 233,52	1 655,36	29,99	4,50
Berlin	358,56	197,21	8,04	1,61	102,85	10,28	135,16	94,61	10,38	1,56
Brandenburg	1 253,36	567,04	35,45	7,09	93,79	13,96	1 010,23	510,00	23,50	3,53
Bremen	136,12	72,00	6,57	1,31	31,86	3,52	47,85	31,48	3,38	0,51
Hamburg	268,78	142,68	8,06	1,61	57,02	6,25	88,60	58,62	8,29	1,24
Hessen	1 518,28	703,15	38,21	7,64	175,78	25,21	1 382,76	727,68	24,11	3,62
Mecklenburg-Vorpommern	816,91	367,61	19,07	3,81	85,85	12,88	615,17	307,58	13,97	2,10
Niedersachsen	3 190,55	1 466,27	86,42	17,28	374,12	54,33	2 330,38	1 209,77	41,83	6,27
Nordrhein-Westfalen	4 171,37	1 972,75	162,51	32,50	468,05	64,84	2 268,01	1 238,01	77,34	11,60
Rheinland-Pfalz	1 083,49	499,21	55,65	11,13	300,41	43,45	1 197,37	624,40	19,39	2,91
Saarland	301,38	141,91	20,63	4,13	21,57	3,01	156,72	84,91	5,86	0,88
Sachsen	1 191,23	544,78	26,63	5,33	125,31	18,34	712,94	366,92	16,78	2,52
Schleswig-Holstein	972,04	444,40	38,21	7,64	103,02	15,08	634,52	326,38	12,71	1,91
Thüringen	678,20	307,45	16,49	3,30	63,90	9,48	647,37	328,00	11,80	1,77
	31.12.2005									
Baden-Württemberg	2 620,83	1 208,91	42,19	8,44	276,21	39,88	1 928,28	1 007,60	34,36	5,15
Bayern	3 856,38	1 761,20	126,95	25,39	335,22	49,16	3 315,11	1 701,96	31,11	4,67
Berlin	363,20	200,12	7,72	1,54	103,35	10,28	135,72	95,28	10,65	1,60
Brandenburg	1 323,91	600,11	58,07	11,61	125,27	18,58	1 046,66	530,21	22,49	3,37
Bremen	139,16	73,77	6,33	1,27	32,39	3,56	47,37	31,27	3,47	0,52
Hamburg	278,29	148,61	6,53	1,31	61,11	6,60	91,50	61,13	8,28	1,24
Hessen	1 555,75	721,35	40,40	8,08	190,63	27,29	1 398,58	737,51	24,79	3,72
Mecklenburg-Vorpommern	833,47	375,94	25,29	5,06	168,94	25,25	661,79	332,28	13,60	2,04
Niedersachsen	3 362,02	1 548,02	82,93	16,59	419,38	60,72	2 381,12	1 240,29	39,32	5,90
Nordrhein-Westfalen	4 289,05	2 033,86	169,64	33,93	547,06	75,44	2 332,28	1 279,02	80,12	12,02
Rheinland-Pfalz	1 147,97	529,97	59,89	11,98	316,19	45,59	1 226,63	641,92	19,56	2,93
Saarland	310,25	146,34	19,73	3,95	24,22	3,37	158,35	86,04	6,31	0,95
Sachsen	1 220,07	558,89	36,81	7,36	145,27	21,20	740,27	382,10	16,70	2,51
Schleswig-Holstein	1 067,26	489,41	31,42	6,28	131,54	19,17	657,33	339,92	12,42	1,86
Thüringen	695,17	315,40	26,72	5,34	66,97	9,92	654,93	332,32	11,76	1,76

*) ohne Sachsen-Anhalt

Bundesweit (ohne Sachsen-Anhalt) wuchs die versiegelte Fläche in den fünf Jahren vom 31.12.2000 bis zum 31.12.2005 um 779 km², einer Fläche, die größer als die Stadt Hamburg ist (755 km²). Nordrhein-Westfalen verzeichnete mit einer neu versiegelten Fläche von 115 km², welches in etwa der Fläche des Nationalparks Eifel (110 km²) entspricht, in diesem Zeitraum den dritthöchsten Zuwachs nach Bayern (145 km²) und Niedersachsen (118 km²), gefolgt von Baden-Württemberg (82 km²). Um 2 km (Bürgerpark Bremen 2,02 km²) nahm die versiegelte Fläche in dem kleinsten Bundesland Bremen zu (Tab. 5). Prozentual ist die versiegelte Fläche am stärksten in den Flächenländern Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg gestiegen (vgl. Abb. 9 und Tab. 7). Betrachtet man die Entwicklung der Bodenversiegelung in den einzelnen Bundesländern ist auch erkennbar (vgl. Tab. 7), dass in der Regel der Anteil der versiegelten Fläche innerhalb der SuV relativ konstant bleibt, während die versiegelte Fläche insgesamt zunimmt. Lediglich in Mecklenburg-Vorpommern sinkt der Anteil der versiegelten Fläche innerhalb der SuV um 1,2 %. Zurückzuführen ist dies auf den sehr starken Zuwachs an Erholungsflächen, die einen geringeren Versiegelungsgrad haben.

Insgesamt ist festzustellen, dass bundesweit der Anteil der versiegelten Fläche an der SuV minimal rückläufig ist, mit Ausnahme von Berlin, Bremen und Hamburg als Stadtstaaten sowie Rheinland-Pfalz (vgl. Abb. 9, Tab. 7). Da aber die Gesamtfläche eines Bundeslandes konstant bleibt, während die versiegelte Fläche zusammen mit der SuV wächst, bedeutet dies, dass die versiegelte Fläche innerhalb der Gesamtfläche steigt, wie Tabelle 7 zeigt[5]. So wird der höchste Zuwachs wieder in den Stadtstaaten verzeichnet, wobei die versiegelte Fläche in Hamburg vom 31.12.2000 bis zum 31.12.2005 um 1,1 % auf 29 % stieg. Berlin, mit dem höchsten Versiegelungsanteil von 34,6 % im Jahr 2005 an der Gesamtfläche, verzeichnete für das vorgenannte Zeitintervall nur einen Zuwachs von 0,4 %. Die Wachstumsraten in den Flächenländern liegen zwischen 0,4 % für Schleswig-Holstein und 0,1 % für Thüringen sowie Mecklenburg-Vorpommern. Innerhalb der Flächenländer ist NRW im Jahr 2005 mit 10,1 % am stärsten versiegelt, gefolgt vom Saarland (9,4 %), Baden-Württemberg (6,3 %) und Rheinland-Pfalz (6,2 %).

[5] Zu beachten ist, dass es auch außerhalb der SuV in geringem Umfang noch versiegelte Flächen (z. B. landwirtschaftliche Betriebsflächen) geben kann, die hier nicht berücksichtigt sind.

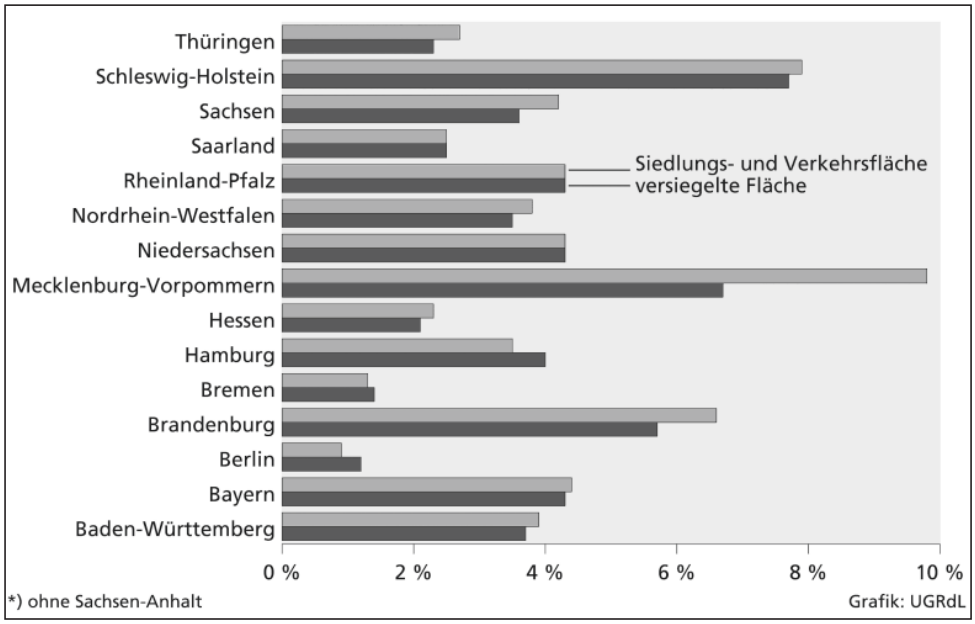

Abb. 9: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche und der versiegelten Fläche vom 31.12.2000 bis zum 31.12.2005 nach Bundesländern) (Quelle: UGRdL)*

Die kartografische Darstellung in Abbildung 10 lässt einige Aspekte deutlich werden:

1. Die Anteile der versiegelten Flächen innerhalb der SuV für die einzelnen Bundesländer schwanken im Jahr 2005 zwischen 43,5 % für Mecklenburg-Vorpommern und 49,8 % für Berlin.
2. In 11 Bundesländern ist die versiegelte Fläche innerhalb der Nutzungsart „Gebäude und Freifläche“ für über 50 % der Gesamtversiegelung innerhalb der SuV verantwortlich. Dabei liegen die Versiegelungsanteile bei über 60 % in den Bundesländern mit der höchsten Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke (Berlin, Bremen, Hamburg und Saarland).
3. Der Anteil der Verkehrsfläche an der Gesamtversiegelung der SuV beträgt im Ballungszentrum Hamburg lediglich 27,9 %, in Rheinland-Pfalz jedoch über 50 %.
4. Die Aussage, je flächengrößer ein Bundesland ist, desto größer ist der Anteil an Verkehrsflächen, lässt sich nicht durchgängig bestätigen.

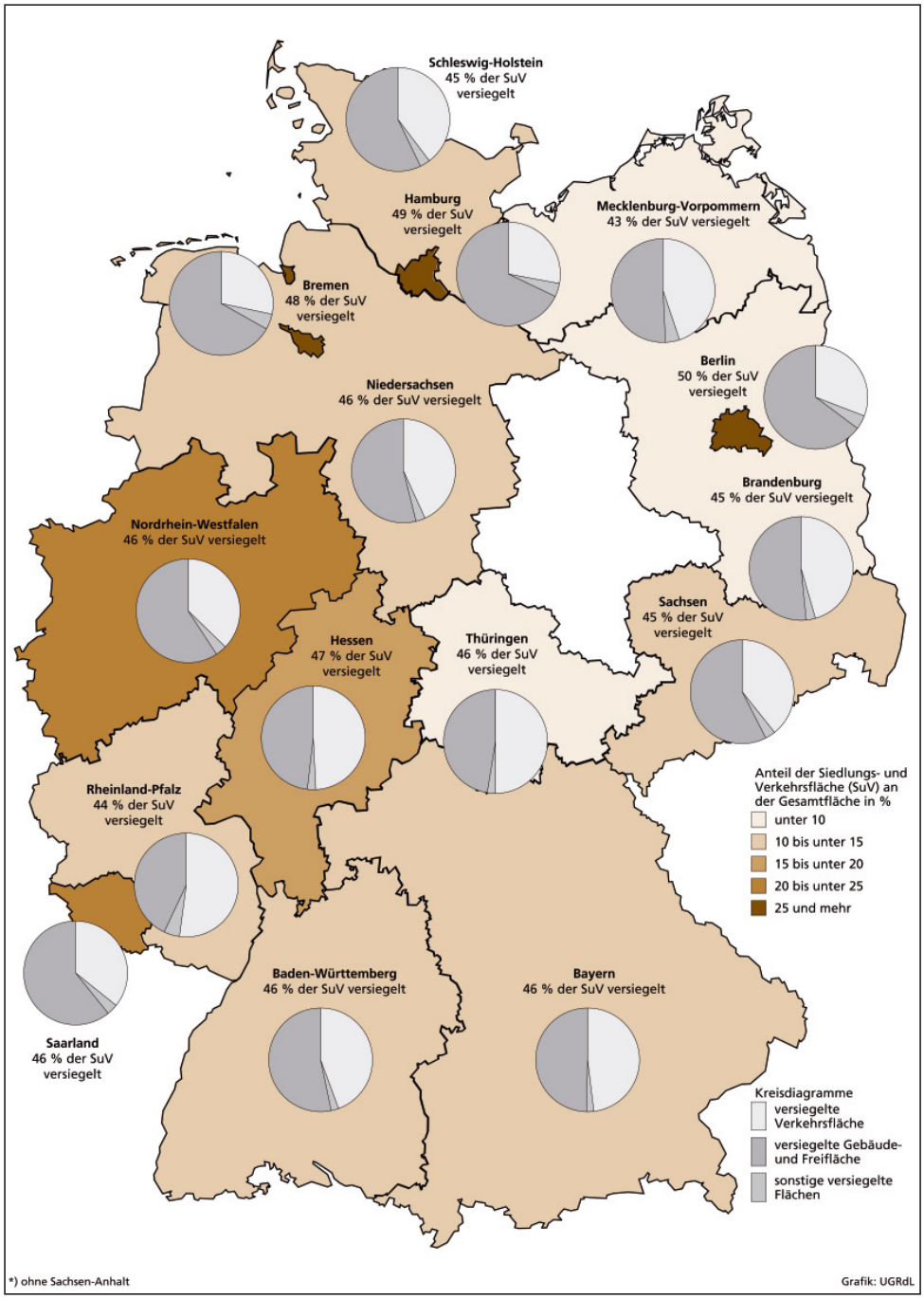

Abb. 10: Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) sowie versiegelte Fläche am 31.12.2005 nach Bundesländern) (Quelle: UGRdL)*

Auf den neuen Indikator „Zunahme der Bodenversiegelung in ha/Tag“ bezogen, wurden zwischen 2000 und 2005 bundesweit (ohne Sachsen-Anhalt) 42,7 ha täglich neu versiegelt. Gleichzeitig stieg die Siedlungs- und Verkehrsfläche um 100,4 ha/Tag. Mit 6,3 ha/Tag hat NRW in diesem Zeitintervall etwa die Fläche von 9 Fußballfeldern neu versiegelt. In Bayern (7,9 ha/Tag) wurden pro Tag 1,7 ha Flächen mehr neu versiegelt als in NRW (vgl. Tab. 5).

Wird die Zunahme der Bodenversiegelung in Bezug zur Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche gesetzt (vgl. Tab. 5), wird Folgendes deutlich. In Bayern wurden über die fünf Jahre 321 km² an SuV neu ausgewiesen und gleichzeitig kamen durch Nach- und Neuverdichtung 145 km² an versiegelten Flächen hinzu. In NRW lagen die Werte für die SuV bei 271 km² und für die versiegelte Fläche bei 115 km². Somit liegt in Bayern der Anteil der neu versiegelten Fläche (45,2 %), bezogen auf das Wachstum der SuV, um 2,9 Prozentpunkte höher als in NRW (42,3 %). Die Gründe hierfür sind in den unterschiedlichen Entwicklungen der einzelnen Nutzungsarten und den damit einhergehenden Versiegelungsanteilen zu sehen. Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Veränderungen innerhalb der einzelnen Nutzungsarten zeigt sich, dass zum einen in Bayern innerhalb der SuV die Nutzungsart „Gebäude- und Freifläche“ um 2,5 Prozentpunkte und die „Betriebsfläche ohne Abbauland“ um 3,4 Prozentpunkte stärker zunahm als in NRW. Zum anderen ist die Zunahme die Erholungsfläche um 5,2 Prozentpunkte geringer ausgefallen als in NRW (vgl. Tab. 8).

6 Zusammenfassung

Flächendeckende und bundesweit vorliegende Daten zum Umfang der Bodenversiegelung existierten bisher nicht. Es liegen jedoch Daten zur Siedlungs- und Verkehrsfläche aus der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung vor. Diese Flächen sind allerdings nicht vollständig versiegelt, da auch Parkanlagen, Gärten und Freiflächen mit berücksichtigt sind.

Im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat ein Expertengremium mit Vertretern aus Bund und Ländern nun ein Schätzverfahren entwickelt, mit dem der bundesweite Indikator „Versiegelung innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ als Zusatzinformation des Indikators „Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen“ methodisch einheitlich ermittelt werden kann (sogenannter „UGRdL-Ansatz“).

Die Berechnung beruht in ihrem Grundgedanken auf der von Christian Singer entwickelten Methode (Singer 1995), wobei den Nutzungsarten der Flächener-

hebung jeweils ein Versiegelungsanteil zugeordnet wird, der verdichtungsabhängig variieren kann.

Im Ergebnis liegen Daten zur Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie der versiegelten Fläche für die Bundesländer (ohne Sachsen-Anhalt) zum 31.12.2000 bis zum 31.12.2005 vor. Sie werden dargestellt in Absolutgrößen (in km²) und als Index (Messzahlen 2000 = 100) sowie als darauf basierende Indikatoren der Zunahme (in ha/Tag). Zwischen 2000 und 2005 stieg die Siedlungs- und Verkehrsfläche (ohne Sachsen-Anhalt) um 100 ha /Tag. Dabei wurden 43 ha pro Tag (ohne Sachsen-Anhalt) neu versiegelt, davon in NRW 6,3 ha/Tag.

Neben den Verkehrsflächen sind die Gebäude- und Freiflächen die am stärksten versiegelten Hauptnutzungsarten.

Die Anwendung des Schätzverfahrens auf regional tieferen Einheiten ist derzeit noch nicht überall möglich, da die in den Flächenstatistiken erhobenen Nutzungsarten nicht immer qualitativ richtig und bundeseinheitlich vergleichbar zugeordnet sind.

Abschließend ist festzuhalten, dass mithilfe des UGRdL-Ansatzes bundesweit auf Länderebene die Bodenversiegelung innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche abgeschätzt werden kann. Damit wird ein zusätzlicher Aspekt der Umweltbeeinträchtigungen erfasst, der durch Flächeninanspruchnahme hervorgerufen wird. Im Hinblick auf die umfassendere ökologische, ökonomische und soziale Aussagekraft des Indikators „Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ kann er diesen nicht ersetzen, sondern dient als wichtige Zusatzinformation.

Literatur

Arlt, G. u. a. (2001): Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Bodenversiegelung und Bodenpreis. In: Institut für ökologische Raumentwicklung (Hrsg.): IÖR-Schriften, Band 34, Dresden 2001.

Birkmann, J. (2004): Flächeninanspruchnahme: Indikatoren und Nutzungsstrukturen. In: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Kongress zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder am 23. Juni 2004 in Düsseldorf, Düsseldorf 2004, 155-186.

Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft „Nachhaltige Entwicklung“ (BLAG NE): Kennblatt zum UMK-Indikator Nr. 06. http://www.blak-ne.de/index2.php?seite=40500

Dahlmann, I.; Gunreben, M.; Tharsen, J. (2001): Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. In: Bodenschutz 3/2001, Berlin 2001, 79-84.

Dahlmann, I.; Gunreben, M. u. a. (2007): Die Erhebung eines bundesweiten Indikators „Bodenversiegelung“. In: Bodenschutz 2/2007, Berlin 2007 (in Vorbereitung).

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.) (1997): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (WaBoA). http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/waboa/

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (Hrsg.) (2004): Umweltatlas Berlin. http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia102.htm

Singer, C. (1995): Stadtökologisch wertvolle Freiflächen in Nordrhein-Westfalen. ILS-Schrift-Nr. 96, Dortmund 1995.

Tharsen, J.; Gunreben M. (2001): Bodenversiegelung in Niedersachsen. In: Arbeitshefte Boden, Heft 2001/3, Hannover 2001, 39-54.

Thüringer Landesanstalt für Umwelt (Hrsg.) (2001): Flächenversiegelung in Thüringen, Grundlagen, Erhebungsmethoden und Bearbeitungsstand. Schriftenreihe Nr. 46, Jena 2001.

Umweltbundesamt (Hrsg) (2003): Verringerung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlungen und Verkehr – Materialienband, UBA-TEXTE 90/03, Berlin 2003, 93 f.

Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) (2005): Durchschnittliche tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche vom 1. Januar 1993 bis zum 31. Dezember 2005 nach Bundesländern. http://www.ugrdl.de/ae10.htm