

# Zersiedelung in Europa: Ländervergleich und treibende Kräfte

Jochen A. G. Jaeger<sup>1</sup>, Tomas Soukup<sup>2</sup>, Christian Schwick<sup>3, 4</sup>, Ernest I. Hennig<sup>1</sup>,  
Erika Orlitova<sup>2</sup>, Felix Kienast<sup>3</sup>

## Zusammenfassung

Steigende Zersiedelung steht im Widerspruch zu den Prinzipien und dem Geist von Nachhaltigkeit. Daten zur Zersiedelung werden benötigt, um die Wirksamkeit von Maßnahmen und Verordnungen zu überprüfen, welche die Zersiedelung begrenzen sollen. Die Autoren haben die Methode der „gewichteten Zersiedelung“ (Weighted Urban Proliferation, *WUP*) auf 32 Länder in Europa angewendet, um die Zersiedelung zu messen. Dazu wurden die europäischen HRL-Imperviousness-Daten von 2006 und 2009 verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass große Teile Europas von Zersiedelung betroffen sind. Der Gesamtwert von *WUP* für Europa beträgt 1,64 Durchsiedlungseinheiten/m<sup>2</sup> (2009). Er ist zwischen 2006 und 2009 deutlich angestiegen, aber die Werte der einzelnen Länder unterscheiden sich stark voneinander. Außerdem wurde der Zusammenhang mit zwölf potenziellen Treibern der Zersiedelung statistisch untersucht. Dieses Projekt ist die erste Analyse der Zersiedelung und ihrer zeitlichen Veränderung für einen gesamten Kontinent mit *WUP*. Der Beitrag stellt erste Ergebnisse vor und weist auf die Veröffentlichungen hin, die derzeit in Vorbereitung sind.

## 1 Einführung

Die Zersiedelung wird derzeit auf europäischer Ebene als zunehmend wichtiges Problem erkannt (EEA 2006; Couch et al. 2007). Wichtige Arbeiten hierzu sind der Bericht „*European Spatial Development Perspective (ESDP): Towards Balanced and Sustainable Development of Territory of the European Union*“ von 1999 und der EEA-Report „*Urban Sprawl in Europe: The Ignored Challenge*“ von 2006. Zum Beispiel befürwortet die ESDP die *Policy Option* „12. Support for effective methods for reducing uncontrolled urban expansion; reduction of excessive settlement pressure, particularly in coastal regions“ (European Commission 1999, 23). Siedentop & Fina (2012) haben kürzlich den Grad der Zersiedelung in 26 europäischen Ländern für die Jahre 1990, 2000 und 2006 berechnet. Sie haben damit die jährliche Zunahme der Zersiedelung in den Ländern und in 20 km x 20 km-Zellen auf der Grundlage von CORINE-Land-Cover-Daten abgeschätzt. Sie stellten eine geradezu verwirrende Vielfalt des Siedlungswachstums

<sup>1</sup> Concordia-Universität Montreal

<sup>2</sup> GISAT Prag & EEA-ETC/ULS Kopenhagen

<sup>3</sup> WSL Birmensdorf und ETH Zürich

<sup>4</sup> Die Geographen Schwick und Spichtig, Zürich

fest. Sie beobachteten die stärksten Zunahmen der Zersiedelung in Irland, Portugal und Spanien und befürworteten genauere Untersuchungen des Siedlungswachstums und der treibenden Kräfte (Siedentop, Fina 2012, 2781).

Obwohl die Bedeutung des Problems erkannt ist, gibt es derzeit kein etabliertes Monitoring der Zersiedelung für Europa. Dieser Aufsatz stellt ein laufendes Forschungsprojekt zur Messung der Zersiedelung in Europa vor, das zum Schließen dieser Lücke beitragen soll. Die Untersuchungsfragen des Projektes lauten:

1. Wie stark ist Europa zersiedelt?
2. Inwieweit können die Unterschiede zwischen den Regionen in Europa durch sozial-ökonomische und geophysikalische Faktoren erklärt werden?

Die Ziele des Projektes sind, den Zersiedelungsgrad in Europa für 2006 und 2009 auf drei Maßstabsebenen zu ermitteln (32 Länder, 284 NUTS-2-Regionen, 1-km<sup>2</sup>-EEA-Referenz-Gitter), potenzielle treibende Kräfte zu analysieren (Literatursauswertung, Hypothesen zum Einfluss erklärender Variablen, Vergleich der beobachteten Zersiedelung mit den Werten, die durch das statistische Modell vorhergesagt werden) und Folgerungen zu ziehen, wie die Zersiedelung künftig reduziert oder zumindest eingedämmt werden kann.

Das Projekt wird vom Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) in Zusammenarbeit mit der Europäischen Umweltagentur (EEA) finanziert und hat eine Laufzeit von zwei Jahren (2013-2015). Es schließt an die erfolgreiche Zusammenarbeit zum Thema der Landschaftszerschneidung in Europa an, die ebenfalls vom Schweizer BAFU und der EEA gemeinsam finanziert und vom selben Team von Partnerinstitutionen durchgeführt wurde (EEA & FOEN 2011). Die Bearbeitung des Projektes erfolgt in Verbindung mit drei verwandten Projekten:

- (1) „Konkrete Maßnahmen und Zielvorgaben zur Steuerung der Zersiedelung in der Schweiz“ (Schwick et al. bei Die Geographen Schwick + Spichtig in Zürich und Concordia-Universität Montreal),
- (2) „Controlling Urban Sprawl to Limit Soil Consumption in Switzerland“ (Kienast et al. an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) Birmensdorf/Zürich) und
- (3) „Wissensentdeckung in Datenbeständen zur Flächeninanspruchnahme in Deutschland“ (Behnisch et al. am IÖR Dresden).

## 2 Methode

Die Messgröße der „gewichteten Zersiedelung“  $Z$  (oder Weighted Urban Proliferation, WUP) ist eine Kombination von Siedlungsfläche, ihrer räumlichen Dispersion und der

Flächeninanspruchnahme pro Einwohner oder Arbeitsplatz. Die Methode ist bereits mehrfach in der Literatur dargestellt worden (Jaeger et al. 2008; Schwick et al. 2010; Schwick et al. 2013a; Schwick et al. 2013b; Jaeger, Schwick 2014) und auch in einem Merkblatt für die Praxis vorgestellt worden (Schwick et al. 2011). Sie beruht auf einem Vergleich verschiedener Definitionen von „Zersiedelung“ (Jaeger et al. 2010a) und wurde erstmals auf die Schweiz angewendet. Diese Methode wurde inzwischen von Schwarzak et al. (2014) auch auf Deutschland angewendet.

Die zugrundeliegende Definition lautet: „Zersiedelung ist ein Phänomen, das in der Landschaft optisch wahrnehmbar ist. Eine Landschaft ist umso stärker zersiedelt, je stärker sie von Gebäuden durchsetzt ist. Der Grad der Zersiedelung ist das Ausmaß der Bebauung der Landschaft mit Gebäuden und ihrer Streuung, im Verhältnis zur Ausnützung der überbauten Flächen für Wohn- oder Arbeitszwecke. Je mehr Flächen bebaut sind, je weiter gestreut die Gebäude sind und je geringer deren Ausnützung ist, desto höher ist daher die Zersiedelung [...]. Die Ursachen und Auswirkungen der Zersiedelung sind nicht Bestandteil dieser Definition, sondern werden davon unterschieden“ (Schwick et al. 2010, 21). Der Begriff Zersiedelung kann einen *Prozess* oder einen *Zustand* bezeichnen (je nach Kontext ist in der Regel klar, was gemeint ist). Die Messgröße hat daher drei Komponenten:

1. Anteil der Siedlungsfläche (*ASF*)
2. Streuung (urbane Dispersion, *DIS*). Die Einheit der Dispersion lautet „Durchsiedlungseinheiten pro m<sup>2</sup> Siedlungsfläche“ (*DSE/m<sup>2</sup>*).
3. Flächenanspruch pro Person (d. h. pro Einwohner oder Arbeitsplatz) (*FAP*) bzw. Ausnützungsdichte der Siedlungsflächen (*AD* =  $1/FAP$ ).

Siedentop & Fina (2010) befürworten ebenfalls die Verwendung dieser drei Dimensionen zur Quantifizierung der Zersiedelung. Allerdings verknüpfen sie diese drei nicht zu einem Gesamtwert.

Die Formel zur Kombination der drei Komponenten der gewichteten Zersiedelung *Z* lautet:

$$Z = ASF \cdot DIS \cdot g_1(DIS) \cdot g_2(AD),$$

wobei  $g_1(DIS)$  und  $g_2(AD)$  Gewichtungsfaktoren für die Streuung und die Ausnützungsdichte der Siedlungsflächen bezeichnen (detaillierte Erläuterung in Schwick et al. 2010). Die Einheit von *Z* lautet „Durchsiedlungseinheiten pro m<sup>2</sup> Landschaft“ (*DSE/m<sup>2</sup>*).

*Beispiele:* (1) In einem kompakten Dorf oder einer kompakten kleinen Stadt sind der Anteil der Siedlungsfläche und die Dispersion gering, der Flächenanspruch pro Person ist mittel bis hoch, und die Zersiedelung ist gering. (2) In einer historischen Streusiedlungsregion sind der Anteil der Siedlungsfläche sehr gering, die Dispersion und der Flächenanspruch pro Person hoch, und die Zersiedelung ist gering. (3) Im Speckgürtel der Städte

und in Agglomerationen sind der Anteil der Siedlungsfläche hoch und die Dispersion sehr hoch, der Flächenanspruch pro Person ist hoch, und die Zersiedelung ist sehr hoch. (4) In Städten mit hoher Nutzungsdichte sind zwar der Anteil der Siedlungsfläche hoch und die Dispersion hoch, aber der Flächenanspruch pro Person ist sehr gering, und die Zersiedelung ist dann ebenfalls sehr gering.

Als Datengrundlage dienten die HRL (High Resolution Layers)-Imperviousness-Daten aus dem europäischen Copernicus-Programm von 2006 und 2009 (Auflösung: 20 m, mit Korrekturfaktor für die Siedlungsfläche) und die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdaten von Eurostat und GEOSTAT. Als Schwellenwert wurde 30 % verwendet, d. h. alle Zellen ab 30 % Anteil an versiegelter Fläche. Die Arbeitsplatzdaten wurden auf Vollzeit-äquivalente umgerechnet. Als Beobachtungshorizont wurde 2 km gewählt (wie für die Schweiz in Schwick et al. 2010).

### 3 Erste Resultate

Große Teile Europas sind von Zersiedelung betroffen. Der Gesamtwert von  $Z$  für Europa beträgt  $1,64 \text{ DSE/m}^2$  (2009). Er ist zwischen 2006 und 2009 deutlich angestiegen (von  $1,57 \text{ DSE/m}^2$  im Jahr 2006), d. h. um 4,5 % in nur drei Jahren (Abb. 1). Dies umfasst 32 Länder: die 28 EU-Länder und die vier Mitgliedsländer der European Free Trade Association (EFTA), d. h. die Länder der EU plus Island, Liechtenstein, Norwegen und die Schweiz (hier bezeichnet als EU28+4).

Die Werte der Länder sind sehr unterschiedlich. Sie liegen zwischen tiefen Werten in Island ( $0,11 \text{ DSE/m}^2$ ) und in den skandinavischen Ländern und sehr hohen Werten von mehr als  $6 \text{ DSE/m}^2$  in den Benelux-Ländern (Abb. 1). Hohe Werte von Zersiedelung sind vor allem im Zentrum von Europa, in Großbritannien und in Portugal zu finden. Die jährlichen Zunahmen von  $Z$  in den Ländern liegen zwischen 0,2 % und 11 % pro Jahr. Deutschland liegt im europäischen Vergleich an sechster Stelle (2006:  $3,74 \text{ DSE/m}^2$ ; 2009:  $3,83 \text{ DSE/m}^2$ ; Zunahme um 2,4 %), d. h. weit oberhalb des europäischen Gesamtwertes. Alle Länder, die stärker zersiedelt sind als Deutschland, sind weitaus kleiner. Die Resultate liegen auf drei Maßstabsebenen vor: Länder, NUTS-2-Regionen und  $1\text{-km}^2$ -Raster der EEA und werden demnächst veröffentlicht.

Deutschland liegt auch beim Anteil der Siedlungsfläche an sechster Stelle (Abb. 2), während es sich bei der Dispersion im Mittelfeld befindet (Abb. 3). Der Dispersionswert (2006:  $44,82 \text{ DSE/m}^2$ ; 2009:  $44,84 \text{ DSE/m}^2$ ) liegt geringfügig über dem europäischen Gesamtwert, hat aber ebenfalls leicht zugenommen.

Die Länder mit der stärksten Streuung der Siedlungsflächen sind Belgien, Malta, Großbritannien, die Niederlande, Irland, Finnland, Liechtenstein und Portugal. Die kompakte Anordnung wird in Bulgarien (mit großem Abstand), der Slowakei, Rumänien und Griechenland beobachtet. In 28 Ländern hat die Streuung zwischen 2006 und 2009 zu-

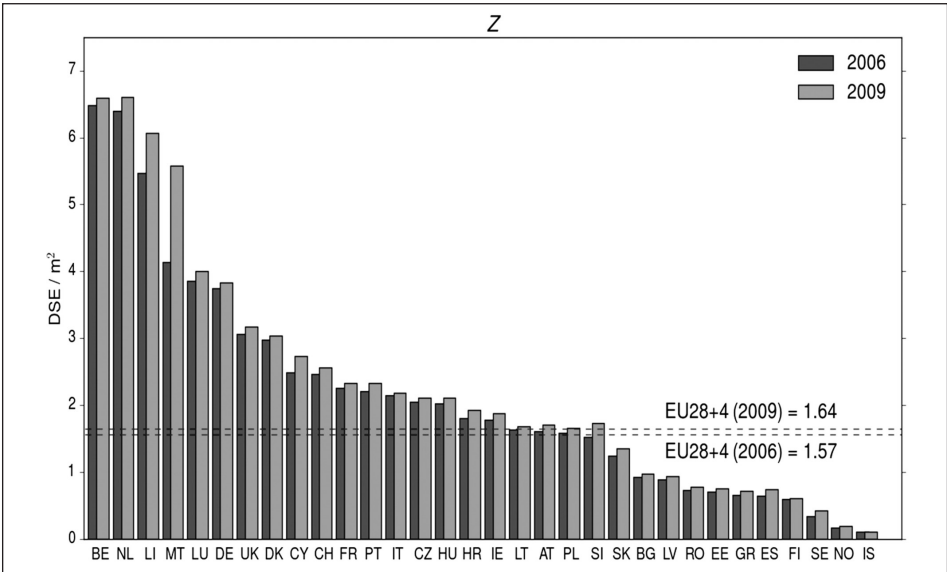


Abb. 1: Werte der gewichteten Zersiedelung (Z bzw. WUP) in 32 Ländern Europas (EU28+4) in den Jahren 2006 und 2009 in Durchsiedlungseinheiten pro m<sup>2</sup> Siedlungsfläche. In allen Ländern ist der Wert der Zersiedelung angestiegen. (BE = Belgien, NL = Niederlande, LI = Liechtenstein, MT = Malta, LU = Luxemburg, DE = Deutschland, UK = Großbritannien, DK = Dänemark, CY = Zypern, CH = Schweiz, FR = Frankreich, PT = Portugal, IT = Italien, CZ = Tschechien, HU = Ungarn, HR = Kroatien, IE = Irland, LT = Litauen, AT = Österreich, SI = Slowenien, PL = Polen, SK = Slowakei, BG = Bulgarien, LV = Lettland, RO = Rumänien, EE = Estland, ES = Spanien, GR = Griechenland, FI = Finnland, SE = Schweden, NO = Norwegen, IS = Island.) (Quelle: EEA & FOEN in Vorb.)

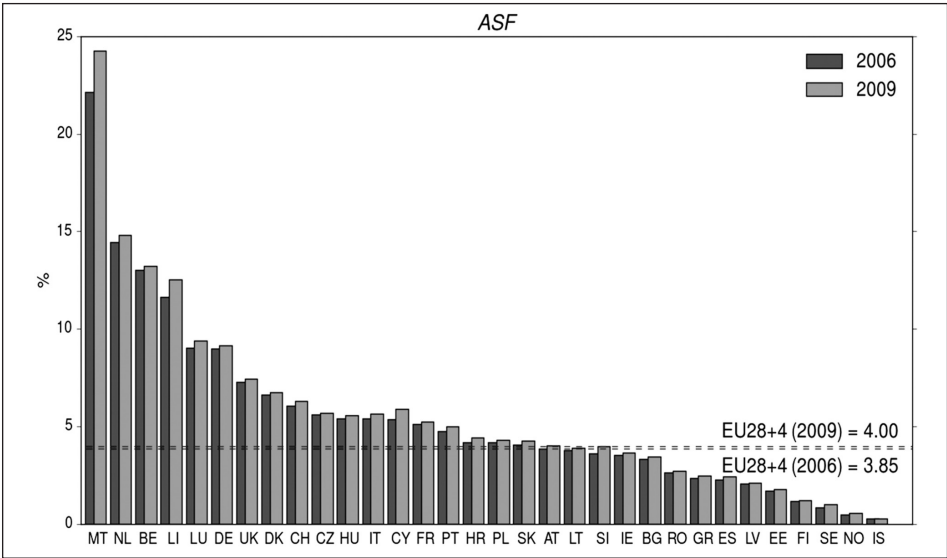


Abb. 2: Anteil der Siedlungsfläche (ASF) in 32 Ländern Europas (EU28+4) in den Jahren 2006 und 2009 (Quelle: EEA & FOEN in Vorb.)

genommen. Nur in vier Ländern hat sie in diesem Zeitraum leicht abgenommen (Island, Finnland, Zypern und Portugal). Da in diesen Ländern der Anteil der Siedlungsfläche im gleichen Zeitraum zugenommen hat (Abb. 2), ist es unwahrscheinlich, dass dies ein reiner Dateneffekt ist, sondern diese Abnahme zeigt eine leichte Verringerung der Streuung an (höhere Kompaktheit der Siedlungsstruktur durch die Anordnung der neuen Siedlungsflächen).

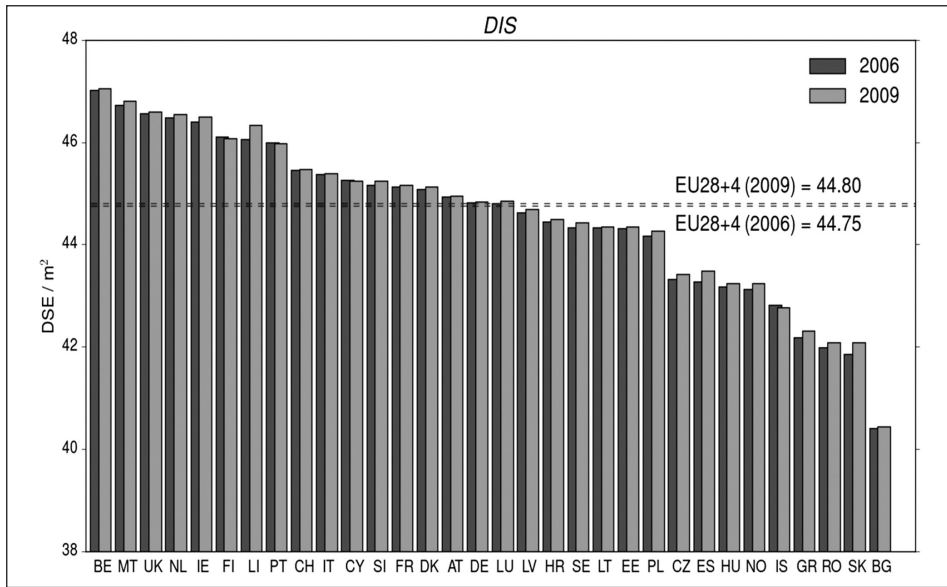


Abb. 3: Werte der Dispersion (DIS) in 32 Ländern Europas (EU28+4) in den Jahren 2006 und 2009 (Quelle: EEA & FOEN in Vorb.)

Der Flächenanspruch pro Person ist ebenfalls sehr unterschiedlich in den 32 Ländern (Abb. 4). Die höchsten Werte finden sich in Island, Finnland, Litauen, Zypern und Lettland ( $> 430 \text{ m}^2/\text{Person}$ ). Die geringsten Werte wurden in Malta, Spanien, Griechenland und Großbritannien beobachtet ( $< 210 \text{ m}^2/\text{Person}$ ), während sie in Deutschland leicht über dem europäischen Mittel liegen. In fast allen Ländern hat der Flächenanspruch pro Person zwischen 2006 und 2009 zugenommen. Nur in drei Ländern hat er in dieser Zeit abgenommen (Italien, Belgien und Luxemburg).

Außerdem wurde der Zusammenhang mit 12 potenziellen Treibern der Zersiedelung für die NUTS-2-Regionen statistisch untersucht. Als die fünf wichtigsten Variablen stellten sich die Bevölkerungsdichte der Region (positiver Zusammenhang), die Nettoprimärproduktion (NPP) (positiver Zusammenhang im Bereich geringer bis mittelhoher NPP), die Straßendichte und Bahnstreckendichte (beide positiver Zusammenhang) und die durchschnittliche Haushaltsgröße (negativer Zusammenhang) heraus. Die Resultate stimmen für die meisten Variablen mit unseren Erwartungen überein. Nur für den oberen Werte-

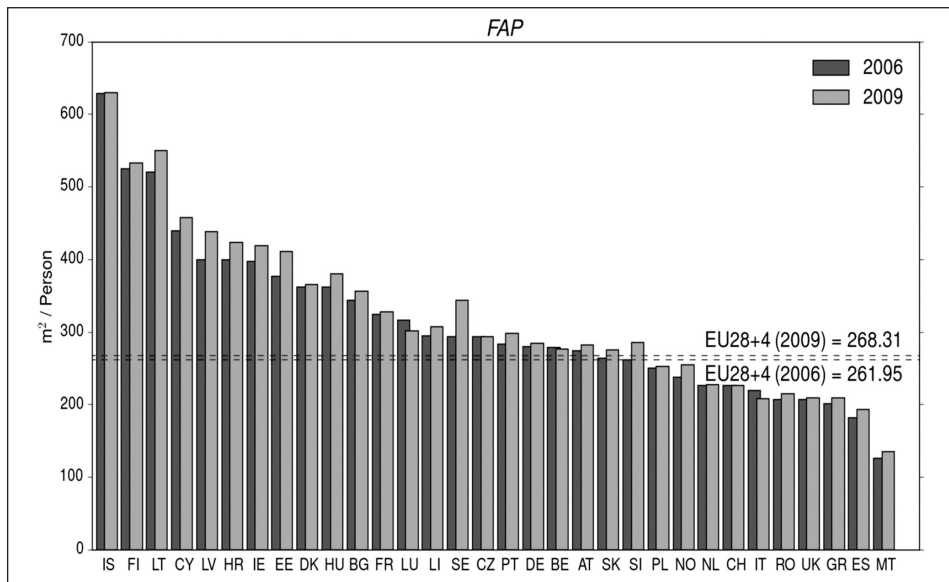


Abb. 4: Flächenanspruch pro Person (d. h. pro Einwohner oder Arbeitsplatz) (FAP) in 32 Ländern Europas (EU28+4) in den Jahren 2006 und 2009 (Quelle: EEA & FOEN in Vorb.)

bereich der NPP ergab sich ein anderer Zusammenhang als erwartet: Hier wurde ebenfalls ein positiver Zusammenhang mit der Zersiedelung vermutet, aber in der Regression aller Variablen zeigt der obere Wertebereich der NPP einen negativen Zusammenhang.

## 4 Diskussion

Die jährlichen Zunahmen der gewichteten Zersiedelung  $Z$  in den 32 europäischen Ländern im Zeitraum 2006-2009 sind erstaunlich hoch. Die Werte der Zersiedelung haben in allen Ländern zugenommen. Auch auf der Ebene der NUTS-2-Regionen ist am weitest häufigsten eine Zunahme festzustellen: In 89 % aller NUTS-2-Regionen ist  $Z$  angestiegen. Mit dem Zeitschnitt 2012 wird es möglich sein, die jährliche Zunahme noch genauer zu bestimmen, da die Werte dann über einen Zeitraum von sechs Jahren ermittelt werden.

Außer den großen Unterschieden in der Zersiedelung zwischen den Ländern (fast um Faktor 60: von 0,11 DSE/m<sup>2</sup> in Island bis 6,5 DSE/m<sup>2</sup> in Belgien) ist eine hohe Heterogenität innerhalb der meisten Länder zu beobachten.

Die Analyse für das 1-km<sup>2</sup>-Raster der EEA (hier nicht dargestellt) zeigt deutlich, dass in den meisten Fällen die Zersiedelung einen Ring um die Stadtzentren herum bildet, aber keine Zersiedelung in den Stadtzentren selbst besteht.

Die Ergebnisse entsprechen den Erwartungen und bestätigen somit, dass die Messmethode von Z gut funktioniert. Die Methode erlaubt Vergleiche von Z und seinen Komponenten zwischen verschiedenen Regionen und zwischen unterschiedlichen Zeitpunkten, sofern die Daten über die Zeit vergleichbar sind. Es bestehen gewisse Einschränkungen der Vergleichbarkeit bei den HRL-Daten, da es sich um Satellitendaten handelt und es möglich ist, dass manche Zellen mit Werten nahe bei 30 % Versiegelung im Jahr 2006 als leicht über 30 % und 2009 als leicht unter 30 % erfasst wurden (oder umgekehrt), obwohl in der Realität keine Veränderung in diesen drei Jahren stattfand. Für einen solchen Vergleich sind alle drei Maßstabsebenen relevant. Je genauer der Maßstab ist, umso mehr Details und umso mehr räumliche Heterogenität sind sichtbar.

Sientop & Fina (2012) haben 26 Länder in Europa für 1990, 2000 und 2006 untersucht (Länderwerte und Werte für Zellen der Größe 20 km x 20 km = 400 km<sup>2</sup>). Sie haben allerdings andere Daten verwendet (CORINE Land Cover). Der Vergleich mit ihren Resultaten zeigt ein ähnliches Bild wie Abbildungen 1 und 2: Übereinstimmung zeigt sich in der Rangfolge der höchsten Werte der Flächeninanspruchnahme 2006 in Belgien, den Niederlanden, Luxemburg, Deutschland, Großbritannien und Dänemark (Liechtenstein und Malta wurden von ihnen nicht untersucht) und der geringsten Werte in Schweden, Finnland, Lettland, Spanien, Griechenland und Estland (Island und Norwegen ebenfalls nicht untersucht). Allerdings geben Sientop & Fina (2012) deutlich höhere Werte für Bulgarien und Rumänien an (höher als die Werte für Österreich und Italien). Die Unterschiede können durch die unterschiedliche Datengrundlage erklärt werden. Die größten Nachteile der CLC-Daten sind die relativ geringe Erfassungsgenauigkeit von Siedlungsflächen (25 ha für den jeweiligen Erfassungszeitpunkt und 5 ha für Veränderungen) und die Abweichungen in den Erfassungszeitpunkten (bis zu 5 Jahre) (Sientop, Fina 2012).

Beim Flächenanspruch pro Einwohner ergeben sich ebenfalls zahlreiche Übereinstimmungen mit unseren Resultaten (z. B. sehr hohe Werte in Finnland, Litauen und Lettland; geringe Werte in Spanien, Rumänien und Italien), aber auch einige Unterschiede. Sientop & Fina (2012) haben hierfür nicht die beanspruchte Siedlungsfläche aus dem CLC-Datensatz verwendet, sondern die versiegelte Fläche aus dem FTS-Soil-Sealing-Datensatz der EU (und Bevölkerungsdaten von 2001).

Entsprechend dem effektiven Freiflächenanteil, den Sientop & Fina (2012) für die räumliche Anordnung der Siedlungsflächen verwenden, zeigt sich die stärkste Zersiedelung in Belgien, den Niederlanden, Dänemark, Luxemburg und Kroatien, und die geringste Zersiedelung in Lettland, Schweden, Spanien und Finnland. Dies stimmt nur teilweise mit den Werten der Dispersion überein (Abb. 3). Die Unterschiede können dadurch erklärt werden, dass der effektive Freiflächenanteil letztlich doch etwas anderes misst als die Dispersion. Außerdem spielt die unterschiedliche Datengrundlage eine Rolle. Sientop & Fina (2012) erläutern, dass der effektive Freiflächenanteil den Frag-



mentierungsgrad der verbliebenen offenen Landschaftsräume und potenziellen Habitats anzeigt. Hier wären genauere Vergleiche von Interesse.

Siedentop & Fina stellen die stärksten Zunahmen der Zersiedelung in Irland, Portugal und Spanien fest (für 1990-2006). Wir haben die stärksten relativen Zunahmen im Wert von Z (2006-2009) in Malta mit 35 %, Schweden mit 23 %, Norwegen mit 17 %, Spanien mit 16 % und Slowenien mit 13 % beobachtet (Malta und Norwegen wurden von Siedentop & Fina nicht untersucht). Somit ergibt sich hier nur für Spanien eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Siedentop & Fina. Allerdings haben Siedentop & Fina neben der anderen Methode zur Berechnung der Zersiedelung auch einen anderen Zeitraum gewählt. Die Bankenkrise ab Beginn des Jahres 2006 könnte zu den Unterschieden beigetragen haben, auch wenn politische, soziale und demographische Entwicklungen üblicherweise eine längere Latenzzeit besitzen.

## 5 Folgerungen und Ausblick

Dieses Projekt liefert die erste Analyse der Zersiedelung und ihrer zeitlichen Veränderung für einen gesamten Kontinent mit Z (bzw. WUP). Es wird aufgezeigt, wie ein Monitoring der Zersiedelung für einen Kontinent möglich ist, vielleicht sogar im globalen Rahmen. Zersiedelung ist ein steigendes Problem, und es besteht dringender Handlungsbedarf auf allen Ebenen, auch auf der europäischen Ebene, um eine bessere Balance zwischen dauerhaft umweltverträglicher Landnutzung und hoher Lebensqualität zu finden. Im Rahmen der Aktivitäten zur *European Cohesion* sollten alle Maßnahmen, die einen Bezug zur räumlichen Entwicklung haben, auf ihre Wirkung auf Zersiedelung evaluiert werden (z. B. mit der hier verwendeten Z-Methode).

Die statistische Analyse hat wichtige treibende Kräfte der Zersiedelung identifiziert und Unterschiede zwischen den Ländern aufgezeigt. Die Z-Methode funktioniert gut, wie die Resultate für 2006 und 2009 belegen. Ein Monitoring der Zersiedelung mit der Z-Methode kann dazu dienen, die Diskussion über Zersiedelung zu versachlichen, und eignet sich zur Erfolgskontrolle für Maßnahmen zur Reduzierung der Zersiedelung. Es gibt mehrere positive Beispiele, wo die Zersiedelung erfolgreich verringert wurde.

Eine qualitativ hochwertige Verdichtung ist die wichtigste Massnahme zur Bekämpfung der Zersiedelung. Sie kann die Lebensqualität verbessern, wie viele positive Beispiele gezeigt haben. Von zentraler Wichtigkeit ist eine strikte Vermeidung von Zersiedelung, wenn die Bevölkerung abnimmt. Außerdem können Ziele und Grenzwerte für die Zersiedelung dazu eingesetzt werden, um die Frage, was dauerhaft umweltverträglich ist, besser zu beantworten. Hierzu wäre eine bessere gesetzliche Grundlage nützlich. Das eingangs genannte Projekt in der Schweiz mit dem Titel „*Konkrete Maßnahmen und Zielvorgaben zur Steuerung der Zersiedelung in der Schweiz*“ erarbeitet derzeit einen entsprechenden Gesetzesvorschlag für die Schweiz.

Das Projekt „*Urban Sprawl in Europe*“ basiert auf einer Partnerschaft zwischen der Europäischen Umweltagentur und dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt. Die Resultate richten sich an Wissenschaftler, Raumplaner und Entscheidungsträger, aber auch an die interessierte Öffentlichkeit. Im Internationalen Jahr der Böden 2015 werden die Ergebnisse des Projektes in einem begutachteten Zeitschriftenaufsatz (Hennig et al. 2015) sowie als Joint EEA & FOEN-Report (EEA & FOEN in Vorb.) in der Reihe der EEA-Berichte publiziert.

In Arbeit ist derzeit außerdem ein Buch der Bristol-Reihe zu konkreten Massnahmen gegen Zersiedelung in der Schweiz (mit Vorschlägen zu Ziel-, Richt- und Grenzwerten), das 2016 erscheinen soll. Darüber hinaus sind zwei Merkblätter zu erwähnen – eines zum Berechnungstool und eines zu Möglichkeiten zur besseren Begrenzung der Zersiedelung, die ebenfalls 2016 veröffentlicht werden sollen. Das Berechnungstool zur Zersiedelung wird voraussichtlich ab Anfang 2016 kostenfrei auf der Homepage der Schweizerischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf bei Zürich erhältlich sein (<http://www.wsl.ch>).

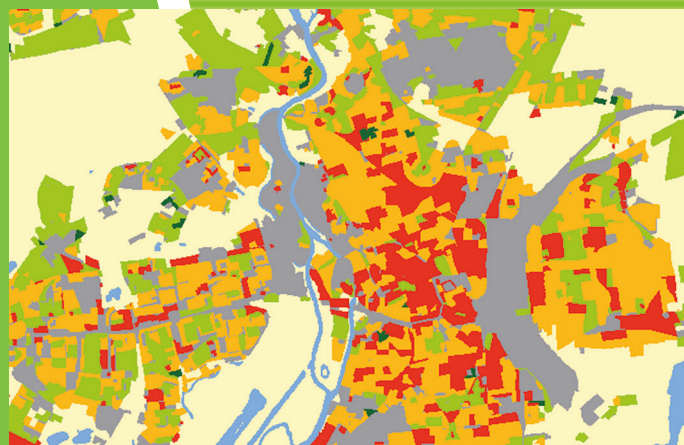
## 6 Literatur

- Couch, C.; Leontidou, L.; Petschel-Held, G. (2007): *Urban Sprawl in Europe. Landscapes, Land-Use Change & Policy*. Blackwell Publishing.
- EEA – European Environment Agency (2006): *Urban Sprawl in Europe – The Ignored Challenge*. EEA Report No. 10/2006.
- EEA – European Environment Agency & FOEN – Swiss Federal Office for the Environment (2011): *Landscape fragmentation in Europe. Joint EEA-FOEN report*. EEA Report No 2/2011. Autoren: J. A. G. Jaeger, T. Soukup, L. F. Madriñán, C. Schwick, F. Kienast. Luxembourg, Publications Office of the European Union. 87 S. Doi:10.2800/78322. [www.eea.europa.eu/publications/landscape-fragmentation-in-europe/](http://www.eea.europa.eu/publications/landscape-fragmentation-in-europe/) (Zugriff: 30.07.2015).
- EEA – European Environment Agency & FOEN – Swiss Federal Office for the Environment (in Vorb.): *Urban Sprawl in Europe. Joint EEA-FOEN report*. EEA Report. Luxembourg, Publications Office of the European Union.
- European Commission (1999): *ESDP – European Spatial Development Perspective: Towards Balanced and Sustainable Development of the Territory of the European Union*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities. 87 S.
- Hennig, E. I.; Schwick, C.; Soukup, T.; Orlitova, E.; Kienast, F.; Jaeger, J. A. G. (2015): *Multi-scale analysis of urban sprawl in Europe: Towards a European de-sprawling strategy*. *Land Use Policy* 49, 483-498.

- Jaeger, J. A. G.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Kienast, F. (2010a): Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological Indicators* 10(2), 397-406. DOI: 10.1016/j.ecolind.2009.07.007.
- Jaeger, J. A. G.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Cavens, D.; Kienast, F. (2010b): Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl. *Ecological Indicators* 10(2)/2010, 427-441. DOI: 10.1016/j.ecolind.2009.07.010.
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C. (2014): Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland. *Ecological Indicators* 38, 294-308. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.11.022.
- Jaeger, J. A. G.; Schwick, C.; Bertiller, R.; Kienast, F. (2008): Landschaftszersiedelung Schweiz – Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung. Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Schweizerischer Nationalfonds, Nationales Forschungsprogramm 54 „Sustainable Development of the Built Environment“. Zürich, 344 S.
- Schwarzak, M.; Behnisch, M.; Meinel G. (2014): Zersiedelung in Deutschland – erste Ergebnisse nach Schweizer Messkonzept. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring V: Methodik – Analyseergebnisse – Flächenmanagement. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 61, 63-70.
- Schwick, C.; Jaeger, J. A. G.; Bertiller, R.; Kienast, F. (2010): Zersiedelung der Schweiz – unaufhaltsam? Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung. Bristol-Schriftenreihe. Haupt-Verlag, Bern/Stuttgart/Wien. 114 S. und 4 Karten.
- Schwick, C.; Jaeger, J. A. G.; Kienast, F. (2011): Zersiedelung messen und vermeiden. Merkblatt für die Praxis 47. Eidgenöss. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, Schweiz, 12 S.  
[www.wsl.ch/publikation](http://www.wsl.ch/publikation) oder [www.wsl.ch/info/fokus/zersiedelung/index\\_DE](http://www.wsl.ch/info/fokus/zersiedelung/index_DE)  
(Zugriff: 30.07.2015).
- Schwick, C.; Jaeger, J. A. G.; Hersperger, A.; Kienast, F. (2013a): Stark beschleunigte Zunahme der Zersiedelung in der Schweiz. *Geomatik Schweiz* 111(2), 48-53.
- Schwick, C.; Kienast, F.; Jaeger, J. A. G. (2013b): Zerschneidung und Zersiedelung im Rahmen der Landschaftsbeobachtung Schweiz. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring V: Methodik – Analyseergebnisse – Flächenmanagement. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 61, 63-70.
- Siedentop, S.; Fina, S. (2010): Monitoring urban sprawl in Germany: towards a GIS-based measurement and assessment approach. *Journal of Land Use Science* 5(2), 73-104. DOI: 10.1080/1747423X.2010.481075.
- Siedentop, S.; Fina, S. (2012): Who sprawls most? Exploring the patterns of urban growth across 26 European countries. *Environment and Planning A* 44: 2765-2784. DOI: 10.1068/a4580.



Leibniz-Institut  
für ökologische  
Raumentwicklung



Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher,  
Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.)

## Flächennutzungsmonitoring VII

Boden – Flächenmanagement –  
Analysen und Szenarien

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR)  
Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. Bernhard Müller  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
Tel.: (0351) 4679-0  
Fax: (0351) 4679-212  
E-Mail: [info@ioer.de](mailto:info@ioer.de)  
Homepage: <http://www.ioer.de>

### **Verlag**

RHOMBOS-VERLAG  
Kurfürstenstraße 17  
10785 Berlin  
E-Mail: [verlag@rhombos.de](mailto:verlag@rhombos.de)  
Homepage: <http://www.rhombos.de>  
VK-Nr. 13597

Druck: dbusiness.de GmbH, Berlin

Printed in Germany

### **© 2015 RHOMBOS-VERLAG, Berlin**

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.

Kein Teil dieses Werkes darf außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Titelbild: Visualisierung der relativen Versickerungswirksamkeit baulich geprägter Flächen in Halle (Saale).

Datengrundlage: © GeoBasis-DE/BKG 2009-2011, Bearbeitung: Iris Lehmann, Ulrich Schumacher, IÖR 2015

Satz/DTP: Natalija Leutert, Margitta Wahl

**ISBN: 978-3-944101-67-5**

**IÖR Schriften Band 67 · 2015**

**Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher,  
Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.)**

## **Flächennutzungsmonitoring VII**

**Boden – Flächenmanagement –  
Analysen und Szenarien**

# Inhaltsverzeichnis

## Boden

Bodendaten der BGR und der neue Bodenatlas Deutschland <i>Klaus Kruse</i> .....	3
Entwicklung der Flächenbelegung von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs im Zeitraum 2000-2013 <i>Helmut Mayer</i> .....	11
Nutzung: An den Grenzen von grüner Revolution und Bioökonomie <i>Christine Chemnitz</i> .....	19
Bodenpolitik: Mehr als ein Vehikel <i>Christine Chemnitz, Jes Weigelt</i> .....	23

## Flächenentwicklung

Evaluation der Datenbasis für die Flächennutzungsstatistik <i>Bodo Bernsdorf</i> .....	29
Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr versus nachhaltige Flächennutzung – aktuelle Trends und Lösungsansätze <i>Gertrude Penn-Bressel</i> .....	39
Flächennutzungsentwicklung in Deutschland – Erkenntnisse aus dem IÖR-Monitor <i>Gotthard Meinel, Tobias Krüger, Jörg Hennersdorf, Martin Schorcht, Jochen Förster, Ulrich Schumacher</i> .....	51

## Flächenmanagement

Wissensmanagement: die Plattform „Nachhaltiges Landmanagement“ <i>Thomas Weith, David Brian Kaiser</i> .....	61
Daseinsvorsorgemonitoring – ein Baustein in der Regionalplanung in NRW <i>Bernd Droste, Hadia Straub, Christoph van Gemmeren</i> .....	67
Aufbau des Wohnbauflächen-Informationssystems (WoFIS) Berlin <i>Henning Roser</i> .....	79
Effiziente Strategien zum Management städtischer Bodenversiegelung <i>Martina Artmann</i> .....	89

## **Innen- und Stadtentwicklung**

Flächeneffiziente und vitale Siedlungsentwicklung – Erfahrungen  
aus Rheinland-Pfalz

*Karl Ziegler* .....99

Die Vogelperspektive – neue Chancen für die Innenentwicklung:  
erste Ergebnisse des EU-Projekts URBIS

*Uwe Ferber, Karl Eckert* .....113

Wurzeln für die lebende Stadt

*Harris C. M. Tiddens* .....119

## **Kleinräumige Datenangebote**

Zensus 2011 – Auswertungen und Analysen auf Gitterzellenebene

*Stefan Dittrich, Stephanie Hirner* .....129

Erschließung und Nutzung von kleinräumigen Informationen  
in der deutschen Städtestatistik

*Michael Haußmann* .....137

Das neue Landbedeckungsmodell Deutschlands LBM-DE

*Michael Hovenbitzer, Friederike Emig, Katja Happe, Christine Wende* .....145

3D-Gebäudeerhebung, Laufendhaltung und Anwendungsbeispiele

*Heino Rudolf* .....155

Das Copernicus-Satellitenprogramm Sentinel – Neue Anwendungsmöglichkeiten  
für die Erdbeobachtung

*Günter Strunz, Stella von Sassen* .....163

## **Monitoring – Methodik**

Raumabgrenzungen – Methodik und Entwicklung der BBSR-Typen

*Antonia Milbert* .....173

Methodik zur Bilanzierung des Flächennutzungswandels

*Martin Schorcht, Tobias Krüger, Gotthard Meinel* .....181

Optimierung des Flächennutzungsmonitorings

*Stefan Ostrau* .....191

Das EAGLE-Konzept – Modellentwurf zur semantischen Integration von  
Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten im europäischen Kontext

*Stephan Arnold* .....201



Methodik für ein Langzeitmonitoring der Siedlungsentwicklung <i>Hendrik Herold</i> .....	215
---	-----

## Analyseergebnisse und Visualisierung

Flächennutzungsanalysen als Grundlage der Klimaberichterstattung <i>Andreas Laggner, Birgit Laggner, Andreas Gensior, Thomas Riedel, Annette Freibauer</i> .....	223
3D-Gebäudemodelle – Grundlage siedlungsstruktureller Analysen am Beispiel Sachsens <i>Alexandra Jahn, Robert Hecht, Gotthard Meinel</i> .....	233
Techniken zur Dateninspektion am Beispiel der Tagbevölkerungsdichte <i>Martin Behnisch, Odette Kretschmer, Alfred Ultsch</i> .....	245
Visualisierung von Altkarten im Virtuellen Kartenforum 2.0 <i>Jacob Mendt</i> .....	257

## Indikatoren

Zersiedelung in Europa: Ländervergleich und treibende Kräfte <i>Jochen A. G. Jaeger, Tomas Soukup, Christian Schwick, Ernest I. Hennig, Erika Orlitova, Felix Kienast</i> .....	267
Bundesweite Indikatoren zu Ökosystemleistungen <i>Ulrich Walz, Karsten Grunewald, Hendrik Herold, Benjamin Richter, Ralf-Uwe Syrbe, Gotthard Meinel, Stefan Marzelli</i> .....	279
Wirkungszusammenhänge zwischen Formstruktur und Lebenswelt – Monitor städtebaulicher Qualität? <i>Clemens Deilmann, Iris Lehmann, Ulrich Schumacher</i> .....	289

## Prognose und Szenarien

Die kleinräumige Bevölkerungsprognose der microm <i>Guido Oemmelen</i> .....	299
Projektion und räumliche Allokation des Wohnbauflächenbedarfs <i>Axel Sauer, Marco Schwarzak, Odette Kretschmer, Jochen Schanze</i> .....	311
Kleinräumige Haushaltsvorausschätzungen auf Zensusbasis <i>Irene Iwanow, Marcus Müller, Robin Gutting</i> .....	321

Erkennung von energetischen Sanierungspotenzialen im Wohnungsbestand als Grundlage für Szenarien <i>Mathias Jehling, Robert Hecht, Stefan Jergentz</i> .....	329
<b>Autorenverzeichnis</b> .....	341

**Michael Haußmann**

Landeshauptstadt Stuttgart  
Statistisches Amt, 12-3 Abt. Bevölkerung und Wahlen  
Eberhardstr. 39  
70173 Stuttgart  
E-Mail: Michael.Haussmann@stuttgart.de

**Dr. Robert Hecht**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: R.Hecht@ioer.de

**Jörg Hennersdorf**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: J.Hennersdorf@ioer.de

**Dr. Ernest I. Hennig**

Concordia University Montreal  
Department of Geography, Planning and Environment  
1455 de Maisonneuve Blvd. W., Suite H1255  
Montréal, Quebec, H3G 1M8, Canada  
E-Mail: ernest.hennig@interia.eu

**Hendrik Herold**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: H.Herold@ioer.de

**Stephanie Hirner**

Statistisches Bundesamt  
Gustav-Stresemann-Ring 11  
65189 Wiesbaden  
E-Mail: Stephanie.Hirner@destatis.de

**Dr. Michael Hovenbitzer**

Bundesamt für Kartographie und Geodäsie  
Richard-Strauss-Allee 11  
60598 Frankfurt am Main  
E-Mail: michael.hovenbitzer@bkg.bund.de

**Irene Iwanow**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: I.Iwanow@ioer.de

**Prof. Dr. Jochen A. G. Jaeger**

Concordia University Montreal  
Department of Geography, Planning and Environment  
1455 de Maisonneuve Blvd. W., Suite H1255  
Montréal, Quebec, H3G 1M8, Canada  
E-Mail: jochen.jaeger@concordia.ca

**Alexandra Jahn**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: alexandrajahn2@aol.de

**Mathias Jehling**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Regionalwissenschaft (IfR)  
Kaiserstr. 12  
76131 Karlsruhe  
E-Mail: Mathias.Jehling@kit.edu

**Dr. Stefan Jergentz**

Institut für Umweltwissenschaften  
Universität Koblenz-Landau  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
E-Mail: jergentz@uni-landau.de

**Dr. David Brian Kaiser**

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg (ZALF) e. V.  
Institut für Sozioökonomie  
Eberswalder Str. 84  
15374 Müncheberg  
E-Mail: dbkaiser@zalf.de

**Prof. Felix Kienast**

Swiss Federal Research Institute WSL  
Zürcherstr. 111  
8903 Birmensdorf, Schweiz  
E-Mail: felix.kienast@wsl.ch

**Odette Kretschmer**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: O.Kretschmer@ioer.de

**Dr. Tobias Krüger**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: T.Krueger@ioer.de

**Klaus Kruse**

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
FB B 2.2 Informationsgrundlagen Grundwasser und Boden  
Stilleweg 2  
30655 Hannover  
E-Mail: klaus.kruse@bgr.de

**Andreas Laggner**

Thünen Institut für Agrarklimaschutz  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
E-Mail: andreas.laggner@ti.bund.de

**Antonia Milbert**

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumentwicklung (BBSR)  
I6 – Stadt-, Umwelt- und Raumbeobachtung  
Deichmanns Aue 31-37  
53179 Bonn  
E-Mail: antonia.milbert@bbr.bund.de

**Marcus Müller**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: M.Mueller@ioer.de

**Guido Oemmelen**

microm Micromarketing-Systeme und Consult GmbH  
Hellersbergstr. 11  
41460 Neuss  
E-Mail: g.oemmelen@microm-online.de

**Erika Orlitova**

GISAT s.r.o. – Geoinformation Company  
Milady Horákové 57  
170 00 Praha 7 / Česká republika  
E-Mail: erika.orlitova@gisat.cz

**Dr. Stefan Ostrau**

Kreis Lippe  
FB Geoinformation, Kataster, Immobilienbewertung  
Felix-Fechenbach-Str. 5  
32756 Detmold  
E-Mail: S.Ostrau@kreis-lippe.de

**Gertrude Penn-Bressel**

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
E-Mail: gertrude.penn-bressel@uba.de

**Prof. Dr. Jochen Schanze**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: J.Schanze@ioer.de

**Martin Schorcht**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: M.Schorcht@ioer.de

**Ulrich Schumacher**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: U.Schumacher@ioer.de

**Marco Schwarzak**

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: M.Schwarzak@ioer.de

**Christian Schwick**

Swiss Federal Research Institute WSL  
Zürcherstr. 111  
8903 Birmensdorf, Schweiz  
E-Mail: christian.schwick@wsl.ch

**Tomas Soukup**

GISAT s.r.o. – Geoinformation Company  
Milady Horákové 57  
170 00 Praha 7 / Česká republika  
E-Mail: tomas.soukup@gisat.cz

Die Themen Flächennutzung und Flächenbedarfsentwicklung gewinnen angesichts zunehmender Flächenkonkurrenzen und ambitionierter Flächensparziele immer stärker an Bedeutung. So ist eine erfolgreiche, der Nachhaltigkeit verpflichtete Flächenhaushaltspolitik nur auf Grundlage eines zeitgemäßen Flächenmanagements und eines zuverlässigen Flächennutzungsmonitorings auf allen räumlichen Ebenen vom Bund bis zur Gemeinde möglich. Denn eine fundierte, empirisch begründete Bewertung der Flächenentwicklung ist unerlässlich. Doch wie implementiert man ein effizientes Siedlungsflächenmanagement, wie entwickeln sich die dafür notwendigen Geobasisdaten, wie könnte ein Flächenmonitoring ausgestaltet und eine verlässliche Flächenbedarfsprognose erstellt werden? Darauf aktuelle Antworten aus Wissenschaft und Praxis zu geben, ist das Ziel dieser Buchreihe mit Beiträgen des alljährlichen Dresdner Flächennutzungssymposiums.

Schwerpunkte dieses Bandes sind aktuelle Informationen zur Flächenentwicklung, Methoden des Flächenmanagements, Erfassung und Monitoring von Innenentwicklungspotenzialen, neue kleinräumige, teilweise rasterbasierte Datenangebote, Indikatoren zur Beschreibung von Zersiedelung und Ökosystemdienstleistungen, raumanalytische Untersuchungsergebnisse, fernerkundliche Erhebungsmethoden sowie Ergebnisse kleinräumiger Prognosen und Szenarien unter Berücksichtigung von Zensusergebnissen.

Das Buch setzt eine Veröffentlichungsreihe zu dieser Thematik fort, die 2009 ins Leben gerufen wurde. Bereits erschienen sind folgende Bände:

- Flächennutzungsmonitoring (Shaker Verlag, Aachen, ISBN 978-3-8322-8740-5),
- Flächennutzungsmonitoring II (Rhombos Verlag, Berlin, ISBN 978-3-941216-47-1),
- Flächennutzungsmonitoring III (Rhombos Verlag, Berlin, ISBN 978-3-941216-68-6),
- Flächennutzungsmonitoring IV (Rhombos Verlag, Berlin, ISBN 978-3-944101-03-3),
- Flächennutzungsmonitoring V (Rhombos Verlag, Berlin, ISBN 978-3-944101-18-7),
- Flächennutzungsmonitoring VI (Rhombos Verlag, Berlin, ISBN 978-3-944101-65-1).