

# Indikatoren der Raumentwicklung

Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung

## **Dissertation**

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität Tübingen  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Naturwissenschaften  
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt von  
Stefan Fina  
aus Weißenburg in Bayern

Tübingen  
2013

Tag der mündlichen Qualifikation:

Dekan:

1. Berichterstatter:

2. Berichterstatter:

30. Juli 2013

Prof. Dr. Wolfgang Rosenstiel

Prof. Dr. Volker Hochschild

Prof. Dr. Stefan Siedentop



## **Kurzdarstellung**

*Die Begrenzung und Steuerung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlungs- und Verkehrsflächen und ihrer Auswirkungen in Form von Landschaftszersiedelung wird international als drängende Aufgabe für Flächenpolitik und Raumplanung gesehen. Derzeit fehlen aber vielfach noch die Informationsgrundlagen, um steuerbare und wünschenswerte Entwicklungspfade zu identifizieren und im Kontext lokaler und regionaler Einflussfaktoren der Raumentwicklung zu bewerten. Die vorliegende Arbeit stellt diesbezüglich Indikatoren vor, die mit verfügbaren Datengrundlagen den Problemkomplex der Flächeninanspruchnahme und der Landschaftszersiedelung abbilden. Damit werden räumliche Auswirkungen der Siedlungsstruktur und ihrer Veränderung im Zeitverlauf auf ökologische Funktionen des Freiraums, aber auch Aspekte von Infrastruktureffizienz und Ressourcenverbrauch erfasst, die im Monitoring der Flächennutzung bislang eine eher untergeordnete Rolle spielen. Die Schlüsselergebnisse der Arbeit setzen sich aus bereits veröffentlichten oder in der Veröffentlichung befindlichen Publikationen des Autors im Anhang zum Thema zusammen. Der Hauptteil stellt den Bezug zum aktuellen Stand der Forschung her und liefert die Begründung für die Wahl multikriterieller Indikatorensets als zentrales Analyseinstrument. Aus einer Übersicht über die Anforderungen der Flächenpolitik und Planungspraxis, sowie der Datenoptionen und gegenwärtigen Methoden im Flächennutzungsmonitoring wird der Forschungsbedarf abgeleitet. Der Beitrag der Veröffentlichungen wird über ein Pressure-State-Response-Modell beschrieben, in das die Indikatoren der Veröffentlichungen eingeordnet werden. In der Interpretation wird der Forschungsbeitrag der vorliegenden Ergebnisse im Bereich der Inwertsetzung von Geodaten und in der methodischen Weiterentwicklung von Indikatoren beschrieben und die Erkenntnis formuliert, dass Landschaftszersiedelung mit quantitativen Methoden im Flächennutzungsmonitoring informatorisch analysiert werden kann, die Abbildung aller Wechselbeziehungen allerdings eines weiterführenden qualitativen Diskurses bedarf.*

Schlüsselwörter: Flächeninanspruchnahme, Landschaftszersiedelung, Flächennutzungsmonitoring

## **Abstract**

*Controlling urbanization and urban sprawl is internationally being recognized as a pressing issue for environmental policy and spatial planning. However, there are currently significant information gaps when it comes to a comprehensive assessment of controllable and desirable development paths in the light of local and regional settings and spatial planning options. This dissertation introduces indicators that help to monitor urban land consumption using available spatial databases and evaluates the results in terms of urban sprawl. A detailed analysis of the current state of the art in urban sprawl research examines data and methodological options, as well as the information needs for spatial planning and policy. The result shows the requirements for a multicriteria approach that not only covers the current state of land use, but also the driving forces of urban sprawl, the pressure and impacts on the environment it exerts, and the response options in terms of spatial planning policies. The dissertation introduces key publications by the author in the appendix that cover methodological options for relevant indicators in these fields. The main part uses a Pressure-State-Response model to conceptualize the interactions between indicators. The subsequent interpretation of the results argues that the main research contribution lies in the activation of data options and the development of methodological aspects for indicator formulation. The conclusion states that information science and monitoring options can certainly help to inform spatial planning about urbanization and urban sprawl but does not replace qualitative assessments and expert discussions.*

Key words: urban land use change, urban sprawl, land use monitoring

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung und Inhalt</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Aktueller Forschungsstand und Forschungsbedarf</b> .....	<b>4</b>
2.1	Land-/ Flächennutzung und Flächeninanspruchnahme .....	4
2.1.1	Land-/ Flächennutzung.....	4
2.1.2	Flächeninanspruchnahme .....	5
2.1.3	Urban Sprawl und Landschaftszersiedelung .....	7
2.1.4	Flächenpolitik und Flächensparziele .....	12
2.2	Flächennutzungsmonitoring und -controlling .....	16
2.2.1	Begriffsbestimmungen und Komponenten .....	16
2.2.2	Datengrundlagen.....	19
2.2.3	Indikatoren und Messkonzepte.....	24
2.3	Forschungsbedarf und Zielsetzung.....	31
<b>3</b>	<b>Publikationsbasierte Ergebnisse</b> .....	<b>33</b>
3.1	Systematisierung der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung .....	33
3.2	Zustand der Flächennutzung ( <i>state</i> ).....	36
3.3	Belastung durch Flächeninanspruchnahme ( <i>pressure</i> ) .....	41
3.4	Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme ( <i>drivers</i> ).....	45
3.5	Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme ( <i>impact</i> ).....	52
3.6	Steuerung der Flächeninanspruchnahme ( <i>response</i> ).....	56
<b>4</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b> .....	<b>62</b>
4.1	Beitrag zum Flächennutzungsmonitoring .....	62
4.2	Weiterer Forschungsbedarf .....	64
4.3	Perspektiven für den praktischen Nutzen .....	65
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>68</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>70</b>
	<b>Anhang A</b> .....	<b>A-1</b>
	<b>Anhang B</b> .....	<b>B-1</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1: Flächenextensive Siedlungsstrukturen im Planungsstadium</i> .....	8
<i>Abbildung 2: Stadtentwicklungsphasen und Urban Sprawl</i> .....	10
<i>Abbildung 3: Räumliche Verteilungsmuster und Urban Sprawl-Dimensionen</i> .....	11
<i>Abbildung 4: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Hektar pro Tag</i> .....	13
<i>Abbildung 5: Module eines regionalen flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements</i> ..	17
<i>Abbildung 6: Entwicklung des Katasterwesens als Datengrundlage im Flächennutzungsmonitoring seit 1990</i> .....	22
<i>Abbildung 7: Forschungsansatz „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“</i> .....	26
<i>Abbildung 8: Themenfelder der Flächeninanspruchnahme und deren Indikatoren im Überblick</i> ...	28
<i>Abbildung 9: Flächenverbrauch in Filderstadt</i> .....	29
<i>Abbildung 10: Die wichtigsten ökologischen Folgewirkungen der „Driving Force“ Siedlungsentwicklung</i> .....	34
<i>Abbildung 11: Systematisierung der Flächeninanspruchnahme</i> .....	35
<i>Abbildung 12: Siedlungsstrukturen ausgewählter europäischer Großstadregionen</i> .....	36
<i>Abbildung 13: Messgrößen zum Vergleich der Freiraumkonfiguration vergleichbarer Siedlungsstrukturen</i> .....	37
<i>Abbildung 14: Wirkungsmodell zur Beschreibung der relevanten Eigenschaften der Flächennutzung und seiner Veränderungen für das Monitoring von Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung</i> .....	42
<i>Abbildung 15: Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme</i> .....	45
<i>Abbildung 16: Veränderung der Anzahl der Privathaushalte von 2009 bis 2030</i> .....	47
<i>Abbildung 17: Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme und modellgestützte Prognosen auf Basis eines regionalisierten Modells zur Flächeninanspruchnahme</i> .....	48
<i>Abbildung 18: Werbetafeln zur Vermarktung von Baulandgebieten</i> .....	50
<i>Abbildung 19: Phasen der Landschaftsfragmentierung</i> .....	53
<i>Abbildung 20: Verlustbilanz an landwirtschaftlich hochwertigen Böden, ökologisch sensiblen Flächen und Wäldern</i> .....	53
<i>Abbildung 21: Kostenremanenz von Infrastruktur</i> .....	54
<i>Abbildung 22: Grenzen des Flächenverbrauchs im Regierungsbezirk Mittelhessen</i> .....	57

## TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1: Ausgewählte Indikatoren der Landschaftszersiedelung</i> .....	43
<i>Tabelle 2: Übersicht über die eingesetzten Indikatoren</i> .....	62
<i>Tabelle 3: Differenzierung der Aufgabenbereiche im Flächennutzungsmonitoring und daraus resultierende Datenanforderungen</i> .....	63
<i>Tabelle 4: Ausgewählte Indikatoren für die Bewertung der Flächeninanspruchnahme</i> .....	64

## **ANHANG A**

<i>Anhang A-1: Mindestveröffentlichungsprogramm der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung .....</i>	<i>A-1</i>
<i>Anhang A-2: Indikatoren und Messgrößen für den Urban Sprawl .....</i>	<i>A-3</i>

## **ANHANG B: PUBLIKATIONSVERZEICHNIS**

<i>ANHANG B-1: FINA, S. 2011. Planungsrelevanz: Potenziale und Herausforderungen neuer Geodatenstrukturen. ....</i>	<i>B-1</i>
<i>ANHANG B-2: SIEDENTOP, S. &amp; FINA, S. 2010. Monitoring urban sprawl in Germany: towards a GIS-based measurement and assessment approach. ....</i>	<i>B-2</i>
<i>ANHANG B-3: FINA, S. eingereicht Juni 2012, in revidierter Form eingereicht im Dezember 2012. Patterns of Urban Sprawl: Measuring dispersion. ....</i>	<i>B-3</i>
<i>ANHANG B-4: FINA, S., TAUBENBÖCK, H., WURM, M. &amp; SIEDENTOP, S. 2010. Planungsrelevante Messgrößen der Stadtentwicklung - was leisten hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten? In: TAUBENBÖCK, H. &amp; DECH, S. (Hrsg.) Fernerkundung im urbanen Raum. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. ....</i>	<i>B-4</i>
<i>ANHANG B-5: SIEDENTOP, S. &amp; FINA, S. 2012. Who sprawls most? Exploring the patterns of urban growth across 26 European countries. ....</i>	<i>B-5</i>
<i>ANHANG B-6: FINA, S., ZAKRZEWSKI, P. &amp; PLANINSEK, S. 2009. Suburban Crisis? Demand for Single Family Homes in the Face of Demographic Change. ....</i>	<i>B-6</i>
<i>ANHANG B-7: FINA, S. 2011. Flächenverbrauch und Landschaftszersiedelung - Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich. ....</i>	<i>B-7</i>
<i>ANHANG B-8: FINA, S. &amp; SIEDENTOP, S. 2009. Steuerung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung mit negativplanerischen Instrumenten - Analyse und Bewertung des Instrumenteneinsatzes in vier Modellregionen. ....</i>	<i>B-8</i>

## **INHALT DES DATENTRÄGERS**

- Dissertation im pdf-Format
- Bibliographie im Endnote-Format

## **ABKÜRZUNGEN**

SuV	Siedlungs- und Verkehrsfläche
FeTN	Flächenerhebung nach Art der Tatsächlichen Nutzung
BauGB	Baugesetzbuch
ROG	Raumordnungsgesetz
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
ALB / ALK	Automatisiertes Liegenschaftsbuch / Automatisierte Liegenschaftskarte
CORINE	Coordinated Information on the European Environment
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
SPSS	Statistik- und Analyse-Software der Firma IBM
DPSIR	Driving Forces-Pressure -State-Impact-Response
REFINA	Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nach- haltiges Flächenmanagement
DoRIF	Designoptionen und Implementation von Raumordnungsinstrumenten zur Flächenverbrauchsreduktion

# 1 Problemstellung und Inhalt

Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke wird weltweit in Wissenschaft, Politik und Gesellschaft als Problemfeld wahrgenommen, das sich im Konfliktfeld vielfältiger und teilweise widersprüchlicher Interessen einer nachhaltig orientierten Entwicklung weitestgehend entzieht. Die Ansprüche des Menschen an die Ressource Fläche sind dabei mannigfaltig: Sie erstrecken sich von der Bereitstellung von Wohnraum über wirtschaftliche Nutzungen für Landwirtschaft, erneuerbare Energien, Gewerbe, Industrie und dazugehörigen Verkehrs- und Betriebsflächen bis hin zu naturnahen Erholungs- und Schutzflächen. Trotz einzelner Maßnahmen zur Renaturierung ehemaliger Siedlungsflächen gibt es kaum Regionen, in der die Summe von Siedlungs- und Verkehrsflächenbestandteilen („SuV-Bestandteile“) nicht zunimmt. Es verdichten sich zwar die Anzeichen, dass in den letzten Jahren eine gebremste Entwicklung in der Flächeninanspruchnahme zu beobachten ist, gleichzeitig besteht aber Unklarheit über die bereits erreichten Belastungsniveaus der aktuellen Siedlungsstruktur für Mensch und Umwelt, wie sie unter dem Begriff der Landschaftszersiedelung beschrieben werden. Damit sind insbesondere Umweltbelastungen für Natur und Landschaft, aber auch die Effizienz von Siedlungssystemen im Hinblick auf den Versorgungsaufwand und Ressourcenverbrauch gemeint, die von der Flächeninanspruchnahme ausgehen und (raum-) planerisches Handeln erfordern. In der internationalen Forschung werden die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme deshalb nicht nur im Bereich von Umweltthemen (z.B. Naturschutz, Landschaftsästhetik) diskutiert, sondern greifen im Bereich der Debatte um den *Urban Sprawl* auch wirtschaftliche (z.B. Verkehr und Infrastruktureffizienz) und soziale Aspekte (z.B. Erreichbarkeit von Versorgungseinrichtungen, Gesundheit) auf.

Da aus politischer Sicht weitgehender Konsens darüber besteht, dass eine Begrenzung der Ausdehnung von SuV geboten ist, rückt die Erfolgskontrolle der eingesetzten Steuerungsinstrumente, und damit auch die Aussagekraft der informatischen Instrumente der Raumplanung, zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses. Bisherige politische Zielvorgaben bezogen sich vornehmlich auf eine rein quantitative Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und wurden erst in den letzten Jahren durch standörtliche Aspekte ergänzt. Die Kritik an rein mengenorientierten Zielformulierungen scheint nun im politischen Raum zunehmend Anklang zu finden, und zwar in der Form, dass Vorgaben zum Flächenverbrauch nicht mehr ohne Berücksichtigung vorhandener Schutzgüter und struktureller Eigenschaften der Flächennutzung aufgestellt werden können. In diesem Zusammenhang ist die zentrale These dieser Arbeit, dass heute Datengrundlagen und Bewertungsmethoden existieren, die eine differenzierte Bewertung von Flächeninanspruchnah-

me und Landschaftszersiedelung erlauben, bislang aber in der Planungspraxis kaum eingesetzt werden. Das Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, diese Möglichkeiten zu testen, zu beschreiben und für umfassende Raubeobachtungsinstrumente zu erschließen.

Der Aufbau der Arbeit ist kumulativ, d.h. die zentralen Forschungsergebnisse finden sich in bereits veröffentlichten oder in der Veröffentlichung befindlichen Fachbeiträgen, die in einem Review-Verfahren begutachtet wurden. Die vorliegende Arbeit fasst die Ergebnisse dieser Publikationen zusammen und ordnet sie thematisch in den Forschungsgegenstand ein. Im ersten Teil werden dazu zentrale Begriffsbestimmungen vorgenommen und der aktuelle Forschungsstand zu Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung recherchiert. Darüber hinaus werden aktuelle Daten und Methoden des Flächennutzungsmonitorings beschrieben und in Publikationen des Verfassers dazu vorgestellt<sup>1</sup>. Kapitel 2 schließt mit einer Zusammenfassung des Informations- und Forschungsbedarfs für diese Arbeit, Kapitel 3 beschreibt die zentralen publikationsbasierten Forschungsergebnisse. Auf der Grundlage der theoretischen Abbildung der Flächennutzung in einem *Pressure-State-Response*-Wirkungsmodell werden die Zusammenhänge zwischen Landnutzung, Siedlungsdruck und den Steuerungsmöglichkeiten zur Flächenentwicklung und übergeordneter Einflussfaktoren systematisiert. Ergänzt werden die Publikationsergebnisse des Autors durch Auswertungen der Literatur anderer Autoren, die an dem Thema arbeiten. Im Resultat entsteht ein Überblick über Messmethoden, die quantifizierbare Flächeneigenschaften (Nutzungstypen, Nutzungsstruktur) mit dynamischen Aspekten der Landnutzung (Dichte, Vernetzung) in Bezug setzen und über die Kombination relevanter Indikatoren in Flächeninformationssystemen genutzt werden können. Die Perspektiven der praktischen Einsatzmöglichkeiten dieser Indikatorensysteme werden in Kapitel 4 diskutiert.

Die Arbeit versteht sich als Beitrag zur Bereitstellung der informatorischen Grundlagen, die für die Entwicklung und Bewertung von Steuerungsinstrumenten nachhaltiger Siedlungsentwicklung benötigt werden. Darüber hinaus tragen die einzelnen Bausteine dazu bei, die Möglichkeiten neuer Geodateninfrastrukturen für anwendungsorientierte Anforderungen der Raumordnung zu

---

<sup>1</sup> Am Ende eines Abschnitts, zu dem relevante Beiträge des Autors vorliegen, werden Schlüsselpublikationen aufgeführt und zusammengefasst. Die Volltexte finden sich nummeriert in Anhang B. Weitere Publikationen des Verfassers, die zur Genese der Schlüsselpublikationen beigetragen haben oder zusätzliche Aspekte enthalten, sind am Ende jedes Abschnitts bibliographisch verzeichnet und auf dem Datenträger zur Arbeit enthalten.

erschließen, und bewegt sich damit an der Schnittstelle zwischen der Geoinformatik und den Planungsdisziplinen.

## 2 Aktueller Forschungsstand und Forschungsbedarf

### 2.1 Land-/ Flächennutzung und Flächeninanspruchnahme

#### 2.1.1 Land-/ Flächennutzung

Unter *Landnutzung* versteht man die Art der Inanspruchnahme von Böden und Landflächen (Teilen der festen Erdoberfläche) durch den Menschen (engl. „*land use*“, Choudhury und Jansen, 1998). Der Begriff der *Flächennutzung* wird häufig synonym zur *Landnutzung* verwendet, einzelne Autoren weisen jedoch auf eine stärkere Fokussierung auf bauliche Flächen hin (Bastian und Schreiber, 1999). Im Gegensatz zur *Bodenbedeckung* (engl. „*land cover*“), die lediglich die sichtbaren physischen Eigenschaften der Erdoberfläche beschreibt, spielt der Nutzungsaspekt bei der Definition der Landnutzung die entscheidende Rolle. Eine trennscharfe Unterscheidung ist schwierig, da bei der Beschreibung der Landnutzung in Klassifikationen häufig Bodenbedeckungseigenschaften einbezogen werden müssen, um eine Differenzierung zu ermöglichen (z.B. Erholungsfläche - Park, landwirtschaftliche Nutzfläche - Grünland). Zudem spielen hier dynamische Aspekte eine Rolle, die in der folgenden Definition ihren Ausdruck finden:

*„Flächennutzung ist der grundsätzliche Prozess der Rauman eignung durch den Menschen. Er bedeutet individuell, gruppenspezifisch oder gesellschaftlich die Inanspruchnahme von technischen oder natürlichen Gegebenheiten der Umwelt des Menschen für seine Zwecke [...]. Nutzung ist kein Zustand, sondern ein Vorgang. Wird der Vorgang ständig reproduziert, stellen sich scheinbar dauerhafte, statische Zustände ein. Der zur Verfügung stehende Raum kann gleichzeitig mehreren Nutzungsansprüchen unterliegen, damit mehrfach genutzt werden. Die Erdoberfläche ist der Bezugsraum von Nutzungen, obwohl Nutzungen zwar überwiegend, aber nicht nur auf ihr erfolgen. Damit hat Nutzung immer einen konkreten Raumbezug. Die räumliche Dimension wird durch Begriffe wie Flächennutzung, Raumnutzung oder Landnutzung zum Ausdruck gebracht. Da es sich bei der Nutzung um Vorgänge handelt, gibt es auch eine zeitliche Dimension [...].“* (Breuste, 1994, S.67f.).

Die Vermengung von Informationen über Nutzungs- und Bedeckungseigenschaften von Flächen stellt häufig ein Problem in der Vergleichbarkeit von Daten zur Landnutzung dar. Je nach Anwendungsbezug und Maßstab werden definitorische Nutzungs- und/oder Bedeckungsaspekte (z.B. Erholungs- vs. Waldfläche) einer Fläche erfasst, die neben der Sicht des Anwenders auf die Landschaft auch die technischen (z.B. Objektmodellierung vs. Katasterbezug) und finanziellen Möglichkeiten (Genauigkeit, Fortführungsintervall) in der Datenerhebung wiedergeben. Generell sind

die Verfahren zur Erhebung flächendeckender Datensätze zu Landnutzung und Bodenbedeckung sehr kostspielig. Während erstere aufgrund des Nutzungsaspekts nicht ohne terrestrisch erhobene Zusatzinformationen auskommen (z.B. Funktion „Erholung“), können die Erfassungsprozesse von Bodenbedeckung mittels Fernerkundung zunehmend automatisiert und optimiert werden (Hagedorn et al., 2010; Siedentop et al., 2010). Flächendeckende Erhebungen werden meist im gesetzlich verankerten Auftrag von staatlichen Institutionen geleistet, die Bereitstellung erfolgt als Geobasisdaten im Rahmen standardisierter Geodateninfrastrukturen des Bundes (GDI-DE) und der Länder (z.B. GDI-BW für Baden-Württemberg). Im Dialog zwischen Datenbereitstellern und Anwendern ist hier die Entwicklung von breit angelegten und offenen Standards von Bedeutung, um möglichst robuste Aussagen über die Entwicklung der Landnutzung im Zeitverlauf machen zu können (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, 2008).

### **2.1.2 Flächeninanspruchnahme**

Der Vorgang der Flächeninanspruchnahme bewirkt Veränderungen in der Flächennutzungsstruktur, die als „Flächenbeanspruchung“ bzw. „Flächenanspruch“ im Lexikon Landschafts- und Stadtplanung als „Bedarf an Flächen/Grundstücken für die Realisierung von Vorhaben oder für Nutzungsansprüche bei raumbedeutsamen Planungen“ beschrieben werden (vgl. Evert, 2001, S.214). Im gegenwärtigen Diskurs hat sich jedoch eine Verengung auf die im Lexikon als Landschafts- oder Flächenverbrauch umschriebene Formulierung durchgesetzt, die da lautet:

*„Durch Inanspruchnahme von Landschaftsfläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke [Nutzungsänderungen] bedingte Umformung der naturnahen oder Kulturlandschaft [= quantitativer Aspekt] sowie dadurch bedingte Wertminderung der Landschaft [=qualitativer Aspekt], insbesondere infolge von Zerschneidung, Verlärmung, Schadstoffbelastung, durch direkte Eingriffe in den Naturhaushalt [z.B. Entwässerungen] oder durch Beseitigung natürlicher Landschaftselemente [z.B. Oberflächenformen, Vegetation]“ (Evert, 2001, S. 376.).*

Ein definitorischer Aspekt der Flächeninanspruchnahme ist also die Konzentration auf den baulichen Bestand anthropogen überformter Flächen (SuV inkl. dazugehöriger Freiflächen). Änderungen naturnaher und nicht baulich geprägte Landnutzungen (z.B. Landwirtschaft, Forsten, usw.) sind zumeist ausgenommen, auch wenn diese mit gravierenden Veränderungen des Naturhaushalts einhergehen (z.B. Verlust von Habitaten, Begradigung von Flusssystemen, etc.). In der Defi-

nition werden aber durchaus Hinweise auf die Beeinträchtigung von Umweltqualitäten durch die Flächeninanspruchnahme gegeben. Daraus resultieren im politischen Raum normative Zielsetzungen, die eine Kontrolle dieser Beeinträchtigungen als Aufgabe planerischen Handelns definieren und sich an den Leitmotiven nachhaltiger Entwicklung orientieren (siehe 3.6).

Diese Aufgabe darf aber aus Sicht vieler Experten nicht auf eine Mengensteuerung der Flächeninanspruchnahme reduziert werden, da auch die in der Definition angesprochenen Umweltwirkungen angemessen zu erfassen sind (vgl. Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg, 2010; Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2007; Siedentop et al., 2007). Deshalb werden zusätzlich zu den Mengenangaben der Flächeninanspruchnahme Informationen benötigt, die z.B. Auskunft geben über die Vornutzung von umgewandelten Flächen oder die umgebende Nutzung (z.B. Umwelt, Infrastruktur, Hydrologie), die durch die Flächeninanspruchnahme verloren gehen und/oder in ihrer Funktionalität beeinträchtigt werden. Schramm et al., 1986, schlagen diesbezüglich schon in den 1980er Jahren einen Indikator „Wirkungsflächen“ vor, der die direkte Flächeninanspruchnahme durch dreidimensionale indirekte Wirkungsbereiche ergänzt (vgl. Schramm et al., 1986, S. 105f.). Bis heute werden Wirkungsflächen (auch „sekundärer Landschaftsverbrauch“, „Betroffenheitszonen“) im Flächennutzungsmonitoring kaum berücksichtigt, auch wenn beispielsweise Berechnungen von S. Losch ergeben haben, dass zwar die Verkehrsfläche in der Flächenstatistik 1996 mit 4,7% der Landesfläche der Bundesrepublik Deutschland verzeichnet war, die tatsächlichen Belastungen aber auf mindestens dreimal so viel Fläche wirken (14,1%, vgl. Baier et al., 2006, S. 66).

Fraglich bleibt in diesem Zusammenhang ebenfalls, inwiefern die Bilanzierung der Flächeninanspruchnahme nicht auch die Externalisierung flächenverbrauchsrelevanter Wirtschaftszweige aus dem Bilanzierungsraum berücksichtigen müsste. Beispielhaft genannt sei hier die Verlagerung von flächenintensiven Produktionsstätten in periphere Regionen oder ins Ausland, bei gleichzeitig steigendem Import der darauf produzierten Produktionsgüter. Einige Autoren argumentieren hier, dass im Sinne einer umweltökonomischen Gesamtbilanz die Inanspruchnahme von Flächen den Konsumenten der darauf erzeugten Produktionsgüter zugeschlagen werden müsste (vgl. Erb, 2002). In diesem Zusammenhang existieren in der Umweltliteratur eine Reihe von Bilanzierungskonzepten, die nicht zuletzt aus umweltethischen Gesichtspunkten auf die Verantwortung von Konsumenten für einen global vernetzten Ressourcenverbrauch verweisen (z.B. „ökologischer Rucksack“, vgl. Schmidt-Bleek, 2004; „ökologischer Fußabdruck“, vgl. Wackernagel und Rees, 1996; „virtuelles Wasser“, Allan und Mallat, 1995 u.a.).

Auch ohne Einbeziehung von Wirkungsflächen und externen Produktionsflächen wird die Flächeninanspruchnahme von Experten und im politischen Raum als zu hoch eingestuft (Bundesinstitut für Bau- Stadt- und Raumforschung, 2012; Rat für Nachhaltige Entwicklung, 2008; Rat für Nachhaltige Entwicklung, 2004; Umweltbundesamt, 2004). Im Fortschrittsbericht der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wird dazu folgende Bilanz aus der Umweltministerkonferenz (UMK) im Jahr 2010 zitiert:

*„Trotz der zahlreichen bisherigen Bemühungen und Empfehlungen seitens des Bundes, der Länder, der kommunalen Spitzenverbände und der Fachministerkonferenzen ist bisher noch keine grundlegende Trendwende in der Inanspruchnahme von Freiflächen erkennbar. Insbesondere wird die Wiedernutzung von Brachflächen noch nicht in ausreichendem Maße praktiziert. Notwendig ist daher ein Bündel von Maßnahmen, die von der Information und Bewusstseinsbildung aller beteiligten Akteure über Unterstützungsmaßnahmen der öffentlichen Hand bis hin zu gesetzgeberischen Aktivitäten reichen.“* (Bundesregierung, 2012, S. 195).

Die Ursachen hierfür sind in einer Reihe von gesamtgesellschaftlichen Entwicklungsdynamiken zu suchen, die in den letzten Jahren in groß angelegten Forschungsverbundprojekten (z.B. REFINA, siehe Preuß and Floeting, 2010; Frerichs et al., 2009), aber auch in zahlreichen Auftragsstudien untersucht wurden. Dazu gehören z.B. die Nachfrage nach Wohn-, Gewerbe- und Erholungsflächen mit Standortpräferenzen, die nicht im Bestand erfüllt werden können, aber auch kommunalpolitische Zielsetzungen zur Entwicklung von Neubaugebieten oder der Flächenverbrauch für neue Infrastrukturen zur Verkehrserschließung und zur Energieversorgung (Bleicher, 2004; Portz, 2004). Im internationalen Kontext wird dieses Beziehungsgeflecht aus Triebkräften und Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme unter dem Konzept des „*Urban Sprawl*“ seit vielen Jahren ausgiebig diskutiert (z.B. Ewing et al., 2002; Galster et al., 2001; Glaeser und Kahn, 2001; Torrens und Alberti, 2000).

### **2.1.3 Urban Sprawl und Landschaftszersiedelung**

Die Ursachen und Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme auf Umwelt und Gesellschaft sind vielfältig und komplex. Neben den reinen Zuwächsen an SuV sind damit Verluste an Flächen mit einer bestimmten Vornutzung (in den allermeisten Fällen landwirtschaftlich) verbunden, und die veränderte Siedlungsstruktur kann in ihrer Funktionalität verändert werden. Obwohl der Begriff der Flächeninanspruchnahme im Wortsinn diese Auswirkungen nicht explizit anspricht, wurde im

letzten Abschnitt doch gezeigt, dass die Konsequenzen der Flächeninanspruchnahme in diesem Sinne bewertet werden. Damit wird eine Betrachtung der in der Literatur diskutierten Wirkungszusammenhänge zwischen Flächeninanspruchnahme und den als *Zersiedelung* oder *Landschaftszersiedelung* übersetzten *Urban Sprawl* notwendig<sup>2</sup>. Zwar wird vereinzelt die vereinfachte Auffassung in den deutschsprachigen Raum übertragen, dass der *Urban Sprawl* sich allgemein mit Siedlungserweiterungen im Stadtumland auseinandersetzt (vgl. Borsdorf und Bender, 2010, S.160ff.). Bei eingehender Beschäftigung mit dem Stand der Forschung zu dem Thema wird jedoch deutlich, dass damit hauptsächlich qualitative Unterschiede zwischen verschiedenen Formen der Flächeninanspruchnahme gemeint sind, die bestimmte unerwünschte Folgewirkungen nach sich ziehen (vgl. Frenkel und Ashkenazi, 2008; Wolman et al., 2005; Batty et al., 2003; Hasse und Lathrop, 2003; Galster et al., 2001; Torrens und Alberti, 2000). Gleichzeitig soll allerdings nicht unerwähnt bleiben, dass der Begriff des *Urban Sprawl* aufgrund seiner Vieldeutigkeit nicht unumstritten, und die Begriffsbestimmung nach wie vor Gegenstand lebhafter Debatten ist (vgl. Hesse und Kaltenbrunner, 2005).



**Abbildung 1: Flächenextensive Siedlungsstrukturen im Planungsstadium (links) und gebaut (rechts). Bildnachweis: MacLean, 2008.**

Die ersten Forscher, die die Flächeninanspruchnahme als „ungeordnete oder planlose Ausbreitung einer Stadt“ (vgl. Querverweis zum lexikalischen Eintrag für *Urban Sprawl* in Evert, 2001,

---

<sup>2</sup> Der Begriff Zersiedelung wird häufig als deutsche Übersetzung von urban sprawl verwendet, und ist bei Everett definiert als „ungeordnete Streuung von Einzelgebäuden, Industriebetrieben, Einkaufszentren, Wohngebieten...in der freien Landschaft mit der Folge der Zerstörung des Landschaftsbildes“. (Evert, 2001, S.755).

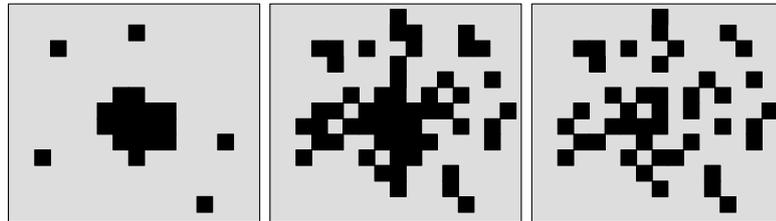
S.57) erlebten, meinten damit die massiven US-amerikanischen Suburbanisierungstendenzen der Nachkriegszeit, die auf der Grundlage einer scheinbar unbegrenzten Automobilität massivem Flächenverbrauch Vorschub leistete und im Extremfall Reißbrettplanungen in unberührter Natur ermöglichten (siehe Abbildung 1). Die dabei entstandenen Siedlungsstrukturen sind durch eine Reihe von Eigenschaften charakterisiert, die im Zusammenspiel den *Urban Sprawl* ausmachen und über die globale Dominanz fordistisch geprägter Wirtschaftsweisen mit der charakteristischen Trennung von Leben und Arbeiten und suburbaner Wohnpräferenzen weltweit die Entwicklung von Siedlungsstrukturen stark beeinflussten (vgl. Pacione, 2009). Darunter fallen neben dem quantitativen Umfang von Siedlungsflächenenerweiterungen auch die lockere Einfamilienhaus-Bebauung, die räumliche Trennung und hohen Distanzen von und zwischen Wohn-, Gewerbe- und öffentlichen Funktionen, die automobilorientierte Erschließung städtebaulicher Verkehrsprojekte, und teilweise auch die architektonische Einförmigkeit (Jaeger et al., 2009, S.398f.).

Aufgrund dieser breit angelegten und nicht immer eindeutig zu bestimmenden Charakteristika haben sich Versuche zur allgemeingültigen Definition von *Urban Sprawl* bislang nicht durchsetzen können. Ursächlich mitverantwortlich hierfür ist, dass neben den Eigenschaften des städtischen Gefüges im Verständnis vieler Experten die Prozesse zu berücksichtigen sind, die derartige Strukturen erzeugen. Damit sind insbesondere Suburbanisierungs- und Dekonzentrationsprozesse in der Stadtentwicklung gemeint, die die sukzessive Durchsetzung des Stadtumlandes mit wachsenden Streusiedlungen nach sich ziehen (Crane und Chatman, 2003; Glaeser et al., 2001; Lang, 2000). Manche Autoren vertreten die Meinung, dass *Urban Sprawl* auch in schrumpfenden Regionen zu beobachten ist, wo durch eine Entdichtung<sup>3</sup> bestehender Siedlungsgefüge ähnliche Strukturen entstehen (siehe Abbildung 2, vgl. Schmidt, 2011; Couch et al., 2007; Nuissl und Rink, 2005). Gleichzeitig können Wachstumsprozesse in der Bewertung der Stadtentwicklung als durchaus positiv und nicht „*sprawl-like*“ aufgefasst werden, nämlich dann, wenn es trotz zunehmend flächenkonsumierender Bebauung zur effizienteren Ressourcennutzung pro Einwohner kommt. In diesem Zusammenhang werden in vielen Fallbeispielen zum Thema *Urban Sprawl* Gegenmodelle der Stadtentwicklung zitiert, die auf eine Konzentration städtischer Funktionen

---

<sup>3</sup> Damit sind insbesondere die durch Bevölkerungsrückgang ausgelösten Unterausnutzungen bestehender Siedlungsstrukturen gemeint, die sich z.B. in Wohnungsleerstand und geringer Nachfrage nach Infrastruktur- und Versorgungseinrichtungen äußern.

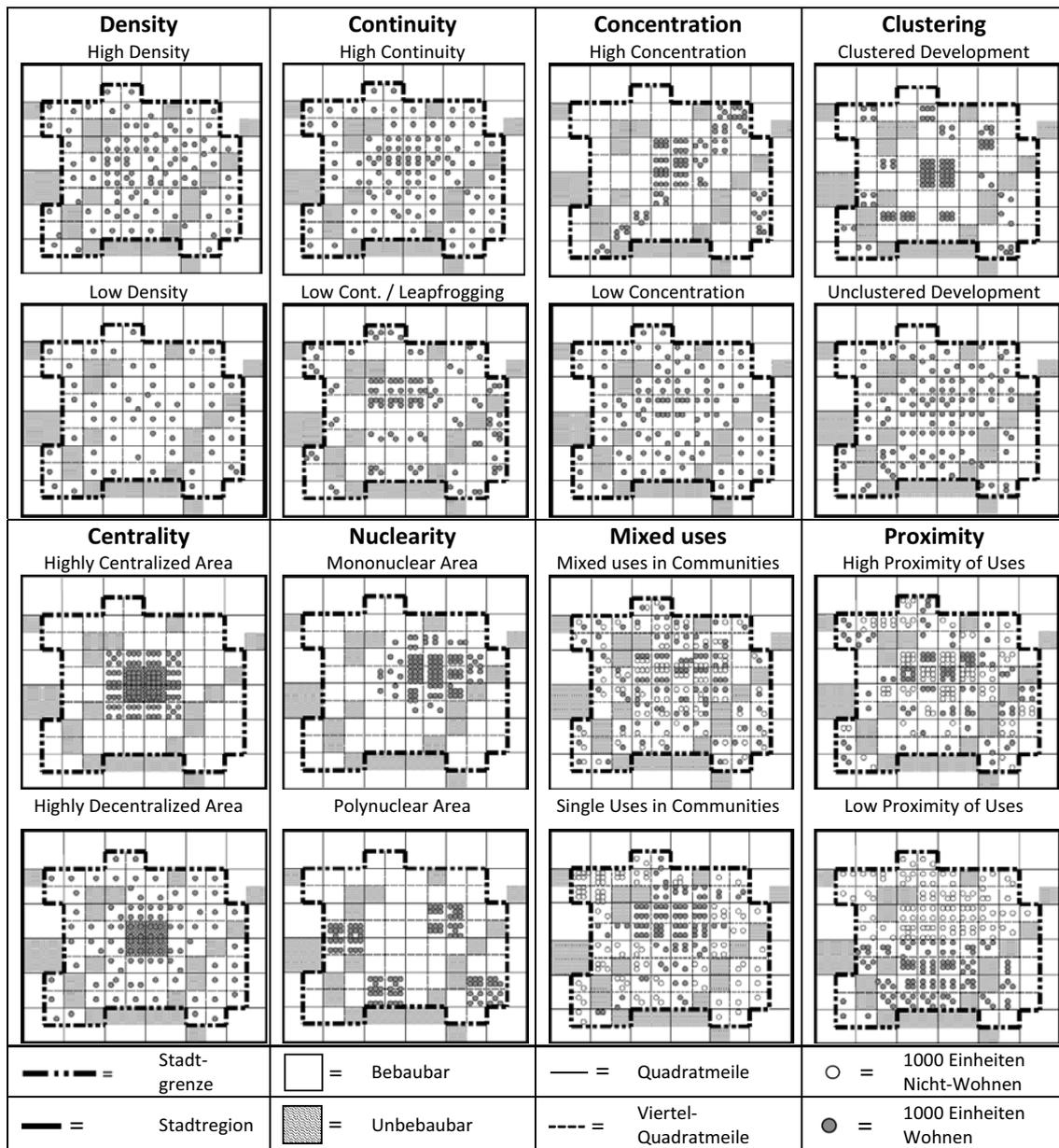
abzielen (*kompakte Stadt, New Urbanism, Transit-Oriented Development*, vgl. Organisation for Economic Cooperation and Development, 2012; Schneider und Woodcock, 2008; Tsai, 2005; Calthorpe und Fulton, 2001).



Key issues	“Compact City”	„Growth Sprawl“	„Shrinkage Sprawl“
Development stage	until 1960	1960 – 2000	from 2000
Population growth	moderate/high	high	negative
Dominating growth pattern	concentric	leap-frogging	-
Urban form	compact	dispersed	highly dispersed
Urban density	high	moderate/low	low
Centrality	mono-centric	poly-centric/dispersed	none
Infrastructure efficiency	high	moderate/low	very low

**Abbildung 2: Stadtentwicklungsphasen und *Urban Sprawl* (Quelle: Siedentop und Fina, 2010c, S. 92).**

Insgesamt tragen diese Gegenmodelle aber wenig zum begrifflichen Verständnis des Terminus *Urban Sprawl* bei. Die Debatte verläuft sich hier in den zwangsläufig kontextbezogenen Entwicklungsoptionen verschiedener Stadtmodelle und wird unter Einbeziehung zahlloser Fallbeispiele aus unterschiedlichen Kulturkreisen schnell unüberschaubar. Aufgrund dieser Schwierigkeiten bei der Begriffsbestimmung werden zunehmend induktive Ansätze verfolgt, die sich zunächst auf die Beschreibung messbarer Dimensionen von *Urban Sprawl* konzentrieren. Mittels der indikatorgestützten Quantifizierung prägender Charakteristika wird die Komplexität von *Urban Sprawl* auf bestimmbare Teile reduziert und durch den Einbezug von Veränderungsraten maßgeblicher Kennzahlen ergänzt. Beispielhaft illustriert wird dies an den Dimensionen von *Urban Sprawl* nach Galster et al., 2001 in Abbildung 3. Für jede der acht fett gedruckten Dimensionen wird eine theoretische Verteilung von Haushalten (ein Punkt entspricht 1000 Haushalten) im Raum aufgezeigt, die durch die resultierenden Interaktionsdistanzen zwischen den Haushalten intuitiv als weniger oder stärker zur Zersiedelung beitragend verstanden werden können.



**Abbildung 3: Räumliche Verteilungsmuster und *Urban Sprawl*-Dimensionen (Quelle: adaptiert von Galster et al., 2001).**

Aus methodischer Sicht wird damit die Identifizierung von *Urban Sprawl* als beobachtbarem Zustand und Prozess der Flächeninanspruchnahme ermöglicht, ohne damit schon die Triebkräfte und Auswirkungen zu bewerten. Die gemessenen Ausprägungen von *Urban Sprawl* erklären also bewusst nicht die kausalen Zusammenhänge zwischen Siedlungsgenese, der aktuellen Siedlungsstruktur und beobachtbaren Belastungsniveaus für Mensch und Umwelt, wie Jäger und Bertiller in ihrer Definition von Zersiedelung erläutern:

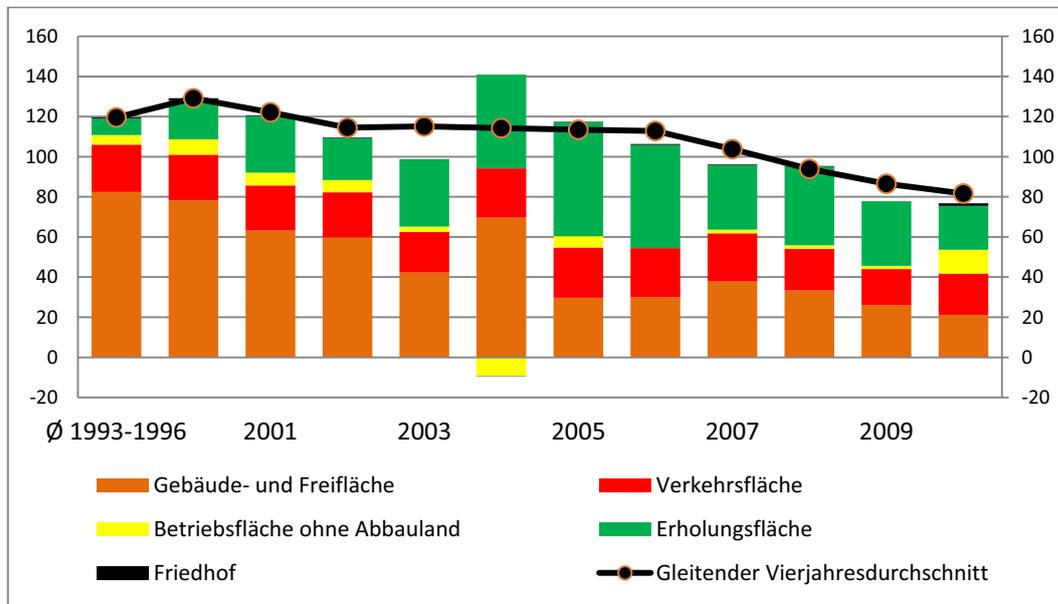
*„Zersiedelung ist ein Phänomen, das in der Landschaft optisch wahrnehmbar ist. Eine Landschaft ist umso stärker zersiedelt, je stärker sie von Gebäuden durchsetzt ist. Der Grad der Zersiedelung bezeichnet das Ausmaß der Bebauung der Landschaft mit Gebäuden und deren Streuung. Je mehr Fläche bebaut ist und je weiter gestreut die Gebäude sind, desto stärker ist die Zersiedelung. Der Begriff Zersiedelung beschreibt sowohl einen Zustand (d.h. den Grad der Zersiedelung einer Landschaft) als auch einen Prozess (die fortschreitende Zersiedelung der Landschaft). Ursachen und Auswirkungen der Zersiedelung sind nicht Bestandteil dieser Definition, sondern werden davon unterschieden. Die Ursachen umfassen unter anderem das plan- oder konzeptlose Bebauen der Landschaft, das Bedürfnis nach Wohnen im Grünen und die Suche nach günstigem Baugrund. Auswirkungen der Zersiedelung sind z.B. der Verlust von Freiflächen und Naherholungsgebieten, geringe Bebauungs- und Bevölkerungsdichten, die räumliche Trennung von Wohnen und Arbeit und hohe Pendlerströme.“ (Jaeger und Bertiller, 2006).*

Aus wissenschaftlicher Sicht besteht breiter Konsens, dass diese Trennung zwischen messbaren Eigenschaften der Siedlungsstruktur und den Triebkräften und Auswirkungen der Landschaftszersiedelung aufgrund der Komplexität der Wirkungszusammenhänge geboten ist. Grund hierfür ist die Bestrebung, die einzelnen Wirkungsfaktoren der Landschaftszersiedelung für ein systematisches Monitoring mit einzelnen Indikatoren zu quantifizieren und zu bewerten, ehe man den normativen Bezug zu den Steuerungsmöglichkeiten von Triebkräften bzw. Kompensationsstrategien für die Auswirkungen herstellt (siehe hierzu auch 3.2 Keiner, 2005; Malczewski, 2004).

#### **2.1.4 Flächenpolitik und Flächensparziele**

Unabhängig vom aktuellen Stand der Forschung zum Thema Landschaftszersiedelung und *Urban Sprawl* wird im politischen Raum davon ausgegangen, dass eine nachhaltigkeitsorientierte Entwicklung einer Reduzierung der Flächeninanspruchnahme bedarf. Auf europäischer Ebene enthält schon das Europäische Raumordnungskonzept von 1999 strategische Vorgaben zur Eindämmung des SuV-Wachstums. Konkreter werden die Zielsetzungen durch die Leipzig-Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt von 2007 und weitere Entschlüsse des Europäischen Parlaments im Jahr 2008 (European Commission, 2010; European Environment Agency, 2010; European Environment Agency, 2006). In Deutschland findet sich der planerische Handlungsauftrag zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme an prominenter Stelle im Nachhaltigkeitsindikator *„Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche“* von 2003 wieder, der als eine von 21 Messgrößen in der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie Auskunft über die Flächeninanspruch-

nahme im Land gibt (Rat für Nachhaltige Entwicklung, 2008; Rat für Nachhaltige Entwicklung, 2004). Die Summe der Flächennutzungen, die als SuV definiert werden, soll bis zum Jahr 2020 auf 30 Hektar pro Tag zurückgeführt werden („30 Hektar Ziel“), ausgehend von Werten über 100 Hektar pro Tag in den vergangenen zwei Jahrzehnten (siehe Abbildung 4).



**Abbildung 4: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Hektar pro Tag (Datenquelle: GENESIS online, abgerufen am 15. Januar 2013, eigener Entwurf, siehe auch Statistisches Bundesamt, 2012, S. 14).**

Die politische wie auch die planungstheoretische und akademische Diskussion wird vielerorts von der Erreichbarkeit dieses Ziels, seiner umweltpolitischen Relevanz, von den Konsequenzen auf wirtschaftliche Entwicklungsoptionen, aber auch von Aspekten der rechtlichen und organisatorische Umsetzbarkeit dominiert (siehe z.B. Bizer et al., 2011; Distelkamp et al., 2011; Köck et al., 2007; Einig, 2005; Umweltbundesamt, 2004). Die Kritik lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- (1) Aufgrund nachweisbarer datentechnischer Inkonsistenzen wird nicht nur bezweifelt, ob die Zielvorgaben längsschnittanalytisch verlässlich messbar sind, sondern auch ob die bundesdeutsche Vorgabe 30 ha unter dem Kenntnisstand unsicherer Datengrundlagen in den 1990er Jahren (siehe 2.2.2) nicht hätte anderes ausfallen müssen.
- (2) Inhaltlich greift eine einseitig auf Mengenbegrenzung fokussierte Flächensparpolitik zu kurz, da insbesondere im großmaßstäblichen Bereich Flächenentwicklungen dem Leitbild der Nachhaltigkeit folgen können, die sich nicht unmittelbar auf eine Reduzierung des Flächenverbrauchs niederschlagen müssen (z.B. Abrundungs- und Innenbereichssatzungen nach § 34

Abs. 4 Nr. 1 bis 3 BauGB, Ausweisung von Erholungsflächen, Festlegung von Konzentrationszonen in Regionalplänen).

- (3) Verbindliche Zielsetzungen stoßen auf politischen Widerstand, sowohl auf Ebene der Länder als auch in zahlreichen Kommunen, die auf ihre gesetzlich verankerte Planungshoheit verweisen (vgl. Einig, 2005).

Dabei wird häufig die Intention des wichtigsten Gremiums in der Formulierung dieses Ziels, des Rats für Nachhaltige Entwicklung, übersehen. Diese werden von Malburg-Graf et al., 2007, folgendermaßen interpretiert:

*„In seinem Empfehlungstext verdeutlicht der Rat für Nachhaltige Entwicklung, dass das Ziel 30-ha nicht nur als quantitatives Ziel zu verstehen sei, sondern in erster Linie als ein Symbol für nachhaltige Landnutzung....[es geht] um neue Leitbilder für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung, ein neues Zielmanagement, Maßnahmen der Bundesregierung und um den ‚Dialog Fläche‘. Wichtige Teilaspekte neuer Leitbilder sollten die Akzeptanz und das Management von Siedlungsgrenzen bei gleichzeitiger Bewahrung der kommunalen Planungshoheit sein. Darüber hinaus sollten Kooperationen zwischen benachbarten Kommunen und ein kommunales Flächenmanagement, mit dem soziale und ökologische Ziele erreicht werden können, angestrebt werden.“* (Malburg-Graf et al., 2007, S. 85f.).

Der Rat für Nachhaltige Entwicklung ergänzte in seinen Zielsetzungen in einer Art Doppelstrategie die Mengensteuerung durch das 30-Hektar Ziel mit der qualitativen Zielvorgabe „Innen- vor Außenentwicklung“ und benennt die Wiedernutzung von Brachflächen und die Erschließung von Bauflächenpotentialen im Siedlungsbestand als Erfolgsfaktor für eine Reduzierung der Flächeninanspruchnahme (Ulmer et al., 2007). Auf Seiten der Gesetzgebung finden sich folgerichtig Initiativen wieder, die auf eine zielgerichtete Erschließung von Innenentwicklungspotentialen abzielen (§ 2 Abs. 2 Nr. 6 ROG, § 1a Abs. 2 BauGB). Unterstützt werden diese Zielsetzungen durch Beschlüsse der Umweltministerkonferenz und Ministerkonferenz für Raumordnung und durch die Ressortforschung der zuständigen Bundes- und Landesbehörden (Bundesamt für Bauwesen, Stadt- und Regionalforschung, Umweltbundesamt, Bundesamt für Naturschutz, Umwelt- aber auch Wirtschaftsministerien der Länder). Politisch relevant sind auch Eingaben von Interessengruppen wie dem Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) oder von Zusammenschlüssen von Akteuren des Flächenmanagements in Initiativen wie dem „Aktionsbündnis Flächen gewinnen“ (Baden-Württemberg) oder der „Allianz für die Fläche“ (Nordrhein-Westfalen). Wichtige Gesetzestexte zur Flächeninanspruchnahme finden sich auch im Raumordnungsgesetz (ROG)

und im Baugesetzbuch (BauGB), aber auch im Bundesnaturschutz- und im Bundesbodenschutzgesetz.

Auf Länderebene sind die Landesplanungsgesetze und die Landesentwicklungspläne von Bedeutung. In Baden-Württemberg findet sich z.B. der Auftrag, dass „[...] die Inanspruchnahme bislang un bebauter Flächen für Siedlung und Verkehr [...] unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Entwicklung und ökologischer Belange spürbar zurückzuführen“ ist (zitiert nach Regionalverband Südlicher Oberrhein, 2008, S. 13). Konkreter wird diese Zielsetzung im Umweltplan von 2007, der sich explizit zum Ziel 30-Hektar bekennt. In diesem Zusammenhang soll nicht unerwähnt bleiben, dass in Fachzirkeln eine Verschärfung dieses Ziels zur „Netto-Null“, d.h. in der Bilanz eine neutrale Flächeninanspruchnahme, diskutiert wird, und mittlerweile auch Eingang in politische Absichtserklärungen und strategische Dokumente des Bundesministeriums für Umwelt gefunden hat (Regionalverband Südlicher Oberrhein, 2008; Bundesministerium für Umwelt, 2007).

Eine zentrale Rolle in der Umsetzung von Flächensparzielen spielt die Regionalplanung und die sektorale Fachplanung der Länder. Während erstere durch Festlegungen im Regionalplan bestimmte Freiraumfunktionen schützen, aber auch die Siedlungsentwicklung quantitativ (Ermittlung des Siedlungsbedarfs) und räumlich (Definition von zentralen Orten und Entwicklungsachsen, Ausweisung von Siedlungsbereichen und Gemeinden mit Eigenentwicklung, Festlegung von Schwerpunkten für die gewerbliche Entwicklung) steuern kann („Positivplanung“), spielen Letztere vor allem für den Erhalt von Schutzgütern des Landschafts- und Naturschutzes eine entscheidende Rolle („Negativplanung“). Eine Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke wird durch den Freiraumschutz entweder verhindert oder anderweitig reglementiert, z.B. über Kompensations- oder Ausgleichsmaßnahmen im Rahmen der Durchführung von Umweltprüfungen im System der Raum- und Fachplanung.

Entscheidenden Einfluss auf den Erfolg der Flächenpolitik haben schließlich die kommunalen Planungsträger der Städte und Gemeinden. Hier wird über die Flächennutzungsplanung und die Bebauungsplanung über Einzelprojekte entschieden, die letztlich in der Summe die Flächeninanspruchnahme ausmachen. Das Raumordnungs- und Landesplanungsgesetz (§ 1 Abs. 3 ROG, § 2 Abs. 2 LplG) fordert das Zusammenwirken von regionalen und kommunalen Behörden im Zuge der Regionalplanaufstellung ein, so dass die Zielsetzungen in diesem Moderations- und Koordinationsprozess auf allen Ebenen mitgetragen werden sollten. Letztendlich bleibt dies jedoch ein informeller Prozess, der in verschiedenen Regionen sehr unterschiedlich gehandhabt wird und im

Hinblick auf die Erreichung von Flächensparzielen wenig verbindlich ist (Regionalverband Südlicher Oberrhein, 2008, S. 47).

## **2.2 Flächennutzungsmonitoring und -controlling**

### **2.2.1 Begriffsbestimmungen und Komponenten**

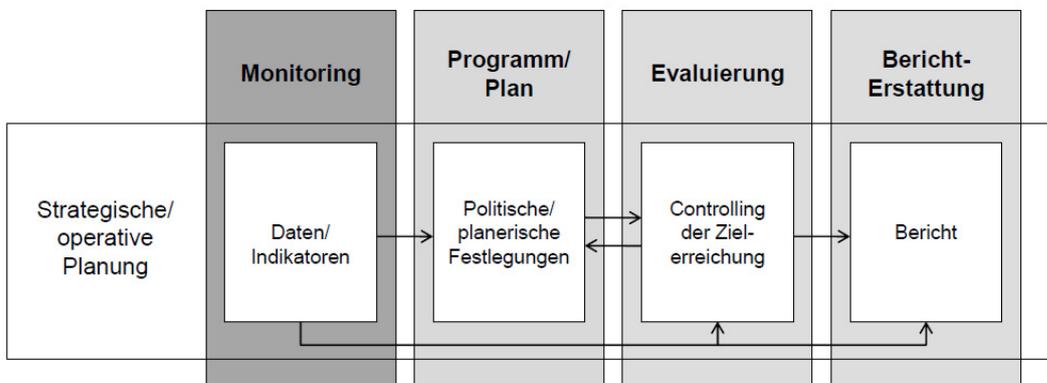
Der Begriff des Flächennutzungsmonitorings ist in seiner zusammengesetzten Wortform nicht definiert. Prägend sind vor allem die gleichnamigen Veröffentlichungen des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung (IÖR) zum Dresdener Flächennutzungssymposium (Meinel und Schumacher, 2011; Meinel und Schumacher, 2010; Meinel und Schumacher, 2009). Dieser Expertenworkshop wird seit 2009 jährlich durchgeführt und widmet sich aktuellen Fragestellungen zum Thema Flächeninanspruchnahme. Der Fokus liegt auf der Entwicklung von geeigneten Raumbewachtungsinstrumenten (z.B. des *IÖR-Monitors*, siehe Abschnitt 2.2.3) zur Bewertung der Siedlungsentwicklung, den unterschiedlichen Perspektiven aus Wissenschaft, Forschung und Politik zur Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung, aber auch der Qualität und Aussagekraft von Datengrundlagen. Darüber hinaus werden dort methodische Aspekte der Informationsgewinnung, z.B. über die Entwicklung neuer Indikatoren und Messmethoden diskutiert.

Eine inhaltliche Annäherung an den Begriff des Flächennutzungsmonitorings ergibt sich aus der Definition von *Monitoring*, mit dem im Grunde die „Überwachung von Umweltauswirkungen“ gemeint ist (Jacoby, 2009, S. 2), und zwar in diesem Fall der Umweltauswirkungen der Flächeninanspruchnahme. Eng damit verbunden ist der Terminus des *Controllings*, der im Rahmen der Flächeninanspruchnahme noch selten auftaucht, streng genommen aber verwendet werden müsste. Im Gegensatz zur „weitgehend interessenneutrale Aufnahme und Analyse von Raumzuständen und Entwicklungen zur Bereitstellung objektiver Bewertungsgrundlagen“ im Monitoring (Siedentop et al., 2010, S. 128) zielt das Controlling nämlich „im Kern auf die Steuerung von Systemen auf der Basis von Informationen aus einem vorgeschalteten oder integrierten Monitoring“ (Jacoby, 2009, S.3). Damit entspricht es der eigentlichen Intention des Flächenmanagements und der politischen Absicht bei der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme, nämlich mit Hilfe von normativen Zielbezügen eine nachhaltige Siedlungsentwicklung in die Wege zu leiten.

Die im *Controlling* enthaltene Steuerungskomponente spielt jedoch in den politischen Entscheidungsprozess hinein und liegt damit jenseits der rechtlichen Anforderungen an die Raumbew-

obachtung, die seit 1965 im gesetzlichen Auftrag durchgeführt wird. Deren primäre Aufgabe beschreibt Jacoby, 2009 für die verschiedenen Raumordnungsbehörden auf EU-, Bundes- und Länderebene. Wichtig dabei scheint, dass sich im Zuge der Einführung der Pflicht zur strategischen Umweltprüfung durch die EU (SUP-Richtlinie 2001) ein neues Verständnis von Raumbeobachtung durchgesetzt hat, in dem ein Monitoring von *Soll-Ist-Zuständen* bestimmter Umweltqualitäten verpflichtend wird. Im Rahmen von Nachhaltigkeitsstrategien zur Flächennutzung ist deshalb die Trendanalyse der aktuellen (*Ist*) hin zu einer gewünschten Entwicklung (*Soll*) mit Hilfe von Indikatoren entscheidend, denn *„planerische Zielsetzungen, deren Verwirklichung sich nicht mit Hilfe von Indikatoren überwachen bzw. beurteilen lässt, können in aller Regel auch kaum eine erhebliche Steuerungswirkung entfalten und sind deshalb grundsätzlich im Hinblick auf ihr Erfordernis in Frage zu stellen“* (Jacoby, 2009, S. 17).

Siedentop, 2010 stützt diese Sichtweise für das regionale flächennutzungsbezogene Informationsmanagement (siehe Abbildung 5). Darin wird das Monitoring als Baustein der strategischen und operativen Planung gekennzeichnet, das in Beziehung zu den anschließenden Bausteinen der Programm- und Planaufstellung, der Evaluierung und der Berichterstattung steht. Entscheidend ist hier, dass die Daten und Indikatoren für das Monitoring auf bestimmte programmatische Ziele abgestellt sind.



**Abbildung 5: Module eines regionalen flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements (Quelle: Siedentop, 2010, S. 8).**

Das Dilemma dieser Vorgehensweise ist, dass Indikatoren die komplexe Realität auf datentechnisch beherrschbare Aspekte reduzieren und in der Regel die intendierten Sachverhalte nur generalisiert wiedergeben. Dies liegt in der Natur der Sache, denn *„ein Indikator ist, ganz allgemein, eine Mess- oder Beobachtungsgröße, die stellvertretend den Zustand eines bestimmten Sachverhaltes anzeigt, der nicht direkt zu ermitteln ist. Das eigentliche Interesse gilt aber nicht dem Indi-*

*kator selbst, sondern dem Indikandum, dem angezeigten Sachverhalt [...]. Deshalb ist es erforderlich, dass zwischen dem Indikandum und dem Indikator eine Wirkungsbeziehung besteht. Die Brauchbarkeit von Indikatoren hängt somit vor allem von deren Eignung ab, das Indikandum treffend darzustellen.“ (Keiner, 2005, S. 115.).*

Nun kann aber nicht immer garantiert werden, dass die Auswahl der Indikatoren und der Daten Grundlagen, auch die Datenqualität, die planerischen Zielsetzungen adäquat wiedergeben. Jacoby, 2009 benennt hier hauptsächlich das *Kausalitätsproblem* als Ursache, d.h. die beobachtbare Entwicklung anhand der reinen Dateninterpretation kann nicht eindeutig auf eine Ursache zurückgeführt werden, sondern wird möglicherweise von mehreren Variablen beeinflusst. Deshalb finden sich in vielen Monitoringsystemen *Indikatorensets*, um auf systematische Art und Weise mehrere Einflussfaktoren abbilden zu können. Leitindikatoren dienen dazu, die damit zunehmende Komplexität beherrschbar zu machen. Damit müssen im Controlling lediglich die repräsentativsten Kennziffern mit der höchsten Aussagekraft kommuniziert werden (Keiner, 2005).

Natürlich erhöhen sich die Unsicherheiten in der Interpretation, wenn zahlreiche Einflussfaktoren abgebildet werden sollen oder müssen. Ebenso steigt der Abstraktionsgrad, wenn Indikatoren für die Berichterstattung höherrangiger Planungsinstanzen zusammengefasst („aggregiert“) werden. Die Anforderungen an das Datenmanagement werden komplexer, so dass strukturierte Ansätze die Entwicklung und den Einsatz von sogenannten Flächeninformationssystemen erfordern. Damit sind, in Anlehnung an die Definition anderer Informationssysteme aus der räumlichen Forschung, gesammelte und vernetzte Datengrundlagen, Werkzeuge und alphanumerische und graphische Ausgaben zu Flächeninformationen gemeint, aber auch die oben genannten Funktionen des Monitorings und Controllings. Letztendlich besteht die Gefahr, dass durch methodische Unsicherheiten und die enormen technischen Herausforderungen die eigentlichen Planziele aus dem Blickfeld geraten bzw. angreifbar werden. Gleichzeitig kann es vielfach schon als eine Art von Erfolg gewertet werden, wenn derartige Debatten das Bewusstsein für ein umweltpolitisches Problemfeld verstärken. Möglicherweise sind die methodischen Schwierigkeiten durch zukünftige datentechnische oder methodische Optionen lösbar. *„Ein konsistentes Ziel- und Indikatorensystem stellt [...] eine entscheidende Voraussetzung für eine möglichst hohe Steuerungswirkung der räumlichen Planung dar“* (Jacoby, 2009, S. 17), und ist vielleicht allein dadurch eine lohnenswerte Investition.

Ein weiterer Kritikpunkt an der Verwendung von Indikatoren und Indikatorensystemen im Flächennutzungsmonitoring ist die mögliche Willkürlichkeit in der Auswahl von Indikatoren (Li und Wu, 2004). Die quantitative Geographie stellt diesbezüglich strenge Richtlinien auf, die z.B. bei Jaeger und Bertiller, 2006, bei der Entwicklung von Indikatoren zur Beschreibung von Landschaftszersiedelung Anwendung finden: „

1. Nachvollziehbarkeit und Anschaulichkeit ihrer Definition und Berechnung
2. Korrektheit, Wohldefiniertheit und zuverlässige Reproduzierbarkeit der Mess- und Berechnungsergebnisse
3. Wiedergabe struktureller Eigenschaften der Landschaft, die in bestimmter Hinsicht relevant sind (z.B. ökologisch oder ästhetisch)
4. Monotonie hinsichtlich einer zunehmenden Ausprägung der berücksichtigten Struktureigenschaften, d.h. eine Zunahme der gemessenen Eigenschaften sollten die Masse konsistent durch einen monoton steigenden (oder sinkenden) Wert wiedergeben
5. Stetigkeit der Messwerte bei kontinuierlichen Veränderungen des Landschaftsmusters
6. Effizienz und Praktikabilität: begrenzter Aufwand für Erhebung und Verarbeitung der Daten bei möglichst großer Aussagekraft relevanter Strukturindikatoren“ (Jaeger und Bertiller, 2006, S. 163).

Diese Regeln sind sicherlich auch geeignet, um die Anforderungen an Indikatoren im Flächennutzungsmonitoring bezüglich ihrer mathematischen Eigenschaften abzustecken. Gleichzeitig wird für das Beispiel Flächennutzungsmonitoring in den nächsten Kapiteln aufgezeigt, dass methodische und datentechnische Defizite die Umsetzung von derart robusten Indikatoren behindern, und dass in der Umsetzung noch vielfach das Wortspiel der „BAD“-Daten (= „*best available data*“) bemüht werden muss (Klosterman, 2008, S. 89f.).

### **2.2.2 Datengrundlagen**

Die am häufigsten verwendete Datengrundlage im Flächennutzungsmonitoring ist die Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung („*FeTN*“) des Statistischen Bundesamtes. Die darin enthaltene Zusammenfassung von Nutzungsarten der SuV ist die Grundlage für die Berechnung des Nachhaltigkeitsindikators „*Reduzierung der Flächeninanspruchnahme*“ und spielt deshalb, zumindest im Rahmen raumordnungspolitischer Zielsetzungen, eine entscheidende Rolle (siehe hierzu auch Abschnitt 3.6). Anhang A-1 zeigt das gesetzlich vorgeschriebene Mindestveröffentli-

chungsprogramm der Erhebung. Es handelt sich dabei letztlich um eine Sekundärstatistik, die aus der Primärdatenquelle der Liegenschaftsbücher der katasterführenden Ämter erhoben wird. Die Veränderung von Flächennutzungen, die als SuV zusammengefasst werden (= „100er-Klasse“), werden als rein numerischer Datenbankauszug zur Verfügung gestellt. Die Statistischen Landesämter veröffentlichen dann jährlich (SuV) bzw. alle vier Jahre (Mindestveröffentlichungsprogramm) die aktuellen Hektarzahlen auf Ebene der Gemeinden bzw. der kreisfreien Städte. Die Gründe für die Wahl dieser Datenquelle erfordern einen Blick zurück in die Vergangenheit, als mit dem Agrarstatistikgesetz Anfang der 1980er Jahre erste Bilanzierungen der Flächennutzung gesetzlich verankert wurden. Die technischen Möglichkeiten zur landesweiten Erfassung und Auswertung von Geodaten waren damals nicht entwickelt, weshalb die Zusammenfassung von Katasterinformationen als Informationsgrundlage herangezogen wurde. Im politischen Rahmen hielt damit das mit den verfügbaren Mitteln Machbare Einzug: die Bewertung auf der Grundlage des Zuwachses der Siedlung- und Verkehrsfläche in Hektar, abgeleitet aus der FeTN.

Die Datengrundlage der Automatisierten Liegenschaftsbücher (ALB) werden, zusammen mit dem Automatisierten Liegenschaftskataster und weiteren Geodatenbeständen der Landesvermessung, derzeit in das Automatisierte Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) überführt. Dies bringt auch Änderungen in der Erfassung von Nutzungsarten mit sich. Deshalb steht zu befürchten, dass die FeTN zukünftig durch veränderte Erfassungsregeln in ihrer zeitlichen Konsistenz beeinflusst wird. Theoretisch ist diese Konsistenz über Nutzungsartenerlasse der Innenministerien zwar gesichert, in der Praxis waren aber auch schon in der Vergangenheit systematische Verzerrungen im Zeitverlauf zu beobachten, die auf politischer Ebene bei der Formulierung von Flächensparzielen für Verwirrung sorgen. Abbildung 6 zeigt die Entwicklung des Katasterwesens in Deutschland seit 1990 mit den Systemumstellungen, die die Konsistenz der FeTN beeinflussen (Fina, 2011b; Siedentop und Fina, 2010a; Droste und Gärtner, 2008).

Auf der einen Seite ist im Hinblick auf die Erstellung von Zeitreihen der Wert dieser Datenquelle nicht hoch genug einzuschätzen: Keine andere Datenquelle kann seit Anfang der 1990er bundesweit Auskunft über die Flächeninanspruchnahme aller Gemeinden und Stadtkreise geben. Auf der anderen Seite ist bei den Auswertungen Vorsicht geboten, da aufgrund methodischer Inkonsistenzen Verschiebungen bei der Bilanzierung von Nutzungsarten nachweisbar sind, die nicht auf tatsächlichen Veränderungen der Flächen beruhen. In diesem Zusammenhang wird aber von vielen Planern und Analysten, die mit der Flächenstatistik arbeiten, das Aufgabenverständnis des Vermessungswesens missinterpretiert. Hier wird nämlich die jeweils aktuell höchstmögliche Genauigkeit bei der Abbildung der Flächennutzung angestrebt. Die zeitliche Konsistenz der Erhe-

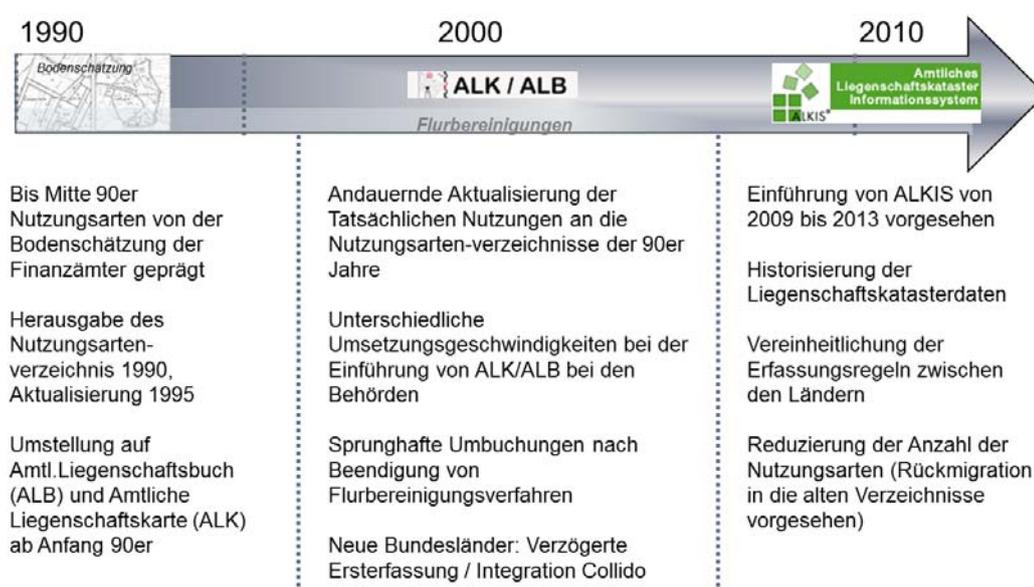
bungen spielt keine oder eine eher untergeordnete Rolle, wie folgender Interviewausschnitt mit der Katasterbehörde der Stadt Münster belegt:

*„Statistische Auswertungen mit Katasterflächen waren aus Sicht der Vermessung nie angedacht und sind zwangsläufig im Zeitverlauf fehlerbehaftet. Im Kataster werden die fachlichen Angaben zu den Flurstücken geführt und es wird versucht, z.B. bei der tats. Nutzung einen plausiblen Wert zu erfassen. Das Zusammenfassen von Nutzungen zu „100er-Gruppen“, verbunden mit der statistischen Aussage über „Landverbrauch (Versiegelung ...)“ ist fragwürdig, wenn nicht auffällt, dass landwirtschaftliche Flächen in Erholungs-Freiflächen übergehen. Die Fortführungskollegen können nicht auch noch „statistische Konsequenzen“ ihrer Tätigkeit berücksichtigen.“ (Siedentop und Fina, 2010a, , S. 22).*

Zusätzlich zu diesen Unsicherheiten bzgl. der zeitlichen Konsistenz fehlen der Datenquelle FeTN auch Informationen zum Lagebezug und zur umgebenden und Vornutzung einzelner Umnutzungsflächen. Dieser räumliche und zeitliche Kontext wird jedoch immer mehr als wichtige Ergänzungsgröße für ein umfassendes Flächennutzungsmonitoring eingefordert, so dass manche Institutionen mittlerweile auf Geodatenbestände aus ATKIS oder der Landbedeckungserhebung CORINE der *European Environment Agency* zurückgreifen (Meinel et al., 2007, Einig et al., 2009). Zwar könnte auch die Rohdatenquelle der Flächenstatistik, die Flurstücke aus dem Katasterwesen mit dem entsprechenden Nutzungsattribut verwendet werden, der organisatorische und finanzielle Aufwand verhindert hier jedoch einen flächendeckenden Einsatz, so dass diese Option häufig ausgeschlossen wird (Schumacher und Meinel, 2009).

Neben den Datengrundlagen zur Quantifizierung der Flächeninanspruchnahme sind Informationen für die planerische Praxis vonnöten, die ein aktives Flächenmanagement unterstützen. Die benötigten Datengrundlagen werden z.B. bei Einig, 2007, beschrieben. Insbesondere die *„Erfassung und Bewertung der Baulandreserven und des Baulandpotenzials, die Abschätzung des zukünftigen Baulandbedarfs...und das Monitoring der baulichen Flächenentwicklung mit Zielcontrolling“* (Einig, 2007, S. 507) sind dort Punkte, die auf der Bereitstellung und Bewertung umfassender Geodatenbestände beruhen und bislang auch von datentechnisch hochgerüsteten Kommunen und Regionen nur schwierig zu bewältigen sind. Problematisch sind nicht nur fehlende (z.B. Baulückenkataster, Brachflächen- und Innenentwicklungspotentiale) oder nur mit Abstrichen verwendbare Datengrundlagen (mangelnde Genauigkeit und Aktualität, Inkonsistenzen in den Zeitreihen), sondern vielfach auch methodische Unsicherheiten im Umgang mit Werkzeugen der Prognostik und dem Einsatz von Indikatorkonzepten im Monitoring und Controlling (vgl. auch

Siedentop und Fina, 2010a, Einig et al., 2009; Meinel und Siedentop, 2007). Zudem wird auf Ebene der Stadtplanung zunehmend der Bedarf an 3D-Gebäudedaten erkannt. Mit diesen Daten können städtebauliche Parameter wie Überbauungsgrad, Geschossflächenzahl oder Gebäudedichte berechnet werden. Bislang stehen derartige Informationsbasen allerdings nur in größeren Städten zur Verfügung. Mit Hilfe einer Kombination von Fernerkundungsdaten, Laserscan-Befliegungen und amtlichen Geobasisdaten könnten hier aber zukünftig Datengrundlagen entstehen, die eine automatisierte Ableitung von 3D-Monitoring-Kennziffern erlauben (Siedentop et al., 2010).



**Abbildung 6: Entwicklung des Katasterwesens als Datengrundlage im Flächennutzungsmonitoring seit 1990 (Eigener Entwurf).**

Auch von Seiten der Politikberatung wird verstärkt auf die Notwendigkeit zur Bereitstellung und Inwertsetzung relevanter Datengrundlagen verwiesen (vgl. Rat für nachhaltige Entwicklung, 2012; Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten, 2012). Einige Autoren gehen davon aus, dass bestehende oder derzeit in der Entstehung befindliche Datenbestände besser genutzt werden könnten, allerdings mit teilweise erheblichen Unsicherheiten in der Rückschreibung von Zeitreihen (Deggau, 2009; Einig et al., 2009; Meinel und Knop, 2008). Fraglich bleibt, ob damit tatsächlich akzeptierte Bewertungsinstrumente für ein umfassendes Monitoring der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung bedient werden können. In der Fachliteratur und in der Planungspraxis herrscht bislang wenig Einigkeit über die Zielsetzungen der Informationsinstrumente im Flächenmanagement. Häufig wird die einseitige Konzentration auf die Mengensteuerung kritisiert, insbesondere im unreflektierten Umgang mit der Berichterstattung zu den Bestre-

bungen des Gesetzgebers, die Flächeninanspruchnahme zu reduzieren. Weiterführende Konzepte, die auch Aspekte der Landschaftszersiedelung und des *Urban Sprawl* einbeziehen, sind bislang nur für einzelne Teilräume durchgeführt worden. Der aktuelle Stand der Forschung beschäftigt sich hauptsächlich mit der Formulierung und Entwicklung adäquater Indikatoren bzw. Indikatorensets, ein flächendeckendes und praxistaugliches Monitoring ist derzeit noch nicht durchführbar.

**Schlüsselpublikation des Autors zum Thema:**

***ANHANG B-1: FINA, S. 2011. Planungsrelevanz: Potenziale und Herausforderungen neuer Geodatenstrukturen. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V. & ZEILE, P. (Hrsg.) REAL CORP 011, Essen. CORP - Zeit Alanova, S. 715-725.***

Dieser Beitrag wurde zwar nicht in einem hochrangigen Magazin veröffentlicht, stellt aber als eine Art kompakter Synthese weiterer Publikationen und Forschungsprojekten zum Thema (siehe unten), an denen der Autor maßgeblich beteiligt war, einen wichtigen Baustein in der Bewertung der Datengrundlagen für das Flächennutzungsmonitoring dar. Im einleitenden Teil werden zunächst die Aufgaben des Monitorings und Controllings aus der Theorie abgeleitet und für die Raumbewertung interpretiert. Auf der Grundlage bestehender Datenstrukturen und anstehender Änderungen im Vermessungswesen (insbesondere durch die Umstellung des Kataster und Liegenschaftswesens ALK/ALB, aber auch der Landschaftsmodelle in ATKIS) werden die Nutzungsmöglichkeiten für den Einsatz von Geodaten im Flächennutzungsmonitoring beschrieben und die Risiken für Zeitreihenanalysen erörtert. Am Beispiel der Siedlungsflächenentwicklung Nordrhein-Westfalens wird die Eignung amtlicher Geodatenbestände, aber auch von Quellen aus der Regionalstatistik, Fernerkundung, kommerziellen Datenanbietern und freier Quellen diskutiert. Der Beitrag schließt mit einem Plädoyer für die Verwendung katasterbasierter Geodaten als räumlich und thematisch am besten gegliederter Quelle für das Flächennutzungsmonitoring, falls technische und organisatorische Herausforderungen bezüglich der Bereitstellung von Zeitreihen gemeistert werden können. Darüber hinaus wird perspektivisch die zunehmende Bedeutung einer gezielten Vernetzung unterschiedlichster (Geo-) Datenquellen hervorgehoben, die aufgrund technologischer Innovationen neue methodische Optionen für das Monitoring eröffnen und für die Planungspraxis in Wert gesetzt werden können.

Dieser Beitrag wurde für in einer von Dr. Hannes Taubenböck (DLR) und vom Autor organisierten Konferenzsession auf der CORP 12 in Essen vorgestellt und mit geladenen Experten aus der Vermessungsverwaltung, der Fernerkundung, kommerziellen Geodatenanbietern und von Planungsbehörden diskutiert.

### Weiterführende Literatur des Autors zum Thema

WURM, M., TAUBENBÖCK, H., ESCH, T., FINA, S. & SIEDENTOP, S. eingereicht. *The changing face of urban growth: An analysis using earth observation data. JURSE 2013. Sao Paulo.*

FINA, S., TAUBENBÖCK, H., WURM, M. & SIEDENTOP, S. 2010. *Planungsrelevante Messgrößen der Stadtentwicklung - was leisten hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten? In: TAUBENBÖCK, H. & DECH, S. (Hrsg.) Fernerkundung im urbanen Raum. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.*

SIEDENTOP, S. & FINA, S. 2010. *Datengrundlagen zur Siedlungsentwicklung. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Stuttgart: Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung.*

### **2.2.3 Indikatoren und Messkonzepte**

Die offizielle Raumb Beobachtung auf Ebene des Bundes ist die *Laufende Raumb Beobachtung* des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), die unter anderem ausgewählte Indikatoren der Flächennutzung im Zeitverlauf darstellt und die Raumordnungsberichtserstattung mit Informationen versorgt (SuV-Entwicklung, Erholungsflächenentwicklung, Entwicklung der Einwohnerdichte u.a.)<sup>4</sup>. Die *Laufende Raumb Beobachtung* verfolgt einen inhaltlich breit gefächerten Ansatz und enthält auf mehreren räumlichen Beobachtungsebenen (Raumordnungsregionen, Kreise, Gemeinden) umfassende Informationen zu raumwirksamen ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Entwicklungen, inklusive Prognosen. Als im *Raumordnungsgesetz* (ROG, §21) verankerte Anforderung an die Berichterstattung über die Raumentwicklung an den Deutschen Bundestag hat die *Laufende Raumb Beobachtung* somit einen gesetzlichen Hintergrund, der sich inhaltlich auf Indikatoren mit hoher Akzeptanz in breiten Anwendungsbereichen konzentriert (Jacoby, 2009; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 2005). Datengrundlage für die Flächeninformationen sind hauptsächlich die Zeitreihen der FeTN, so dass auch hier die oben genannten Einschränkungen wirken (siehe 2.2.2).

---

<sup>4</sup> [www.raumb Beobachtung.de](http://www.raumb Beobachtung.de), zuletzt besucht am 24. Januar 2013.

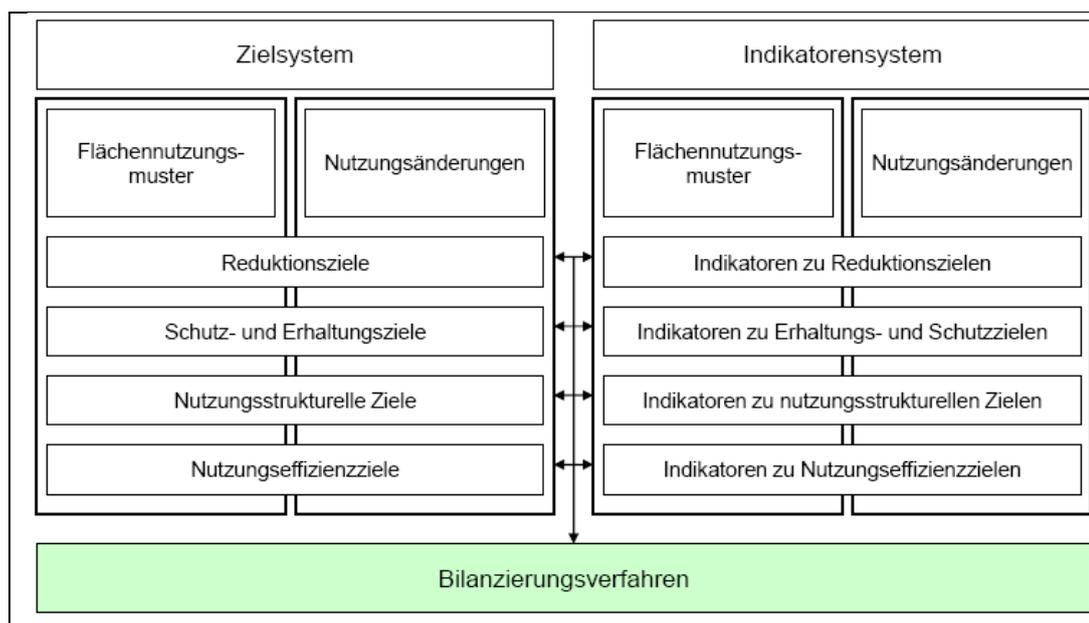
Im Bereich der Flächenentwicklung verfolgt der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung des Instituts für ökologische Raumentwicklung („IÖR-Monitor“) einen datentechnisch anderen Ansatz: mit Hilfe von ATKIS wird das im Maßstab von 1:25.000 erfasste Digitale Landschaftsmodell für Flächenbilanzen zwischen verfügbaren Zeitständen umgesetzt und zu Indikatoren der Flächenentwicklung verarbeitet. Auf einer Online-Plattform<sup>5</sup> werden die Ergebnisse derzeit flächendeckend für das Erfassungsjahr 2008 für die Bundesrepublik Deutschland visualisiert, auf der tiefsten Detaillierungsstufe gemeindegerecht (Meinel, 2010). Zeitreihenvergleiche sind für zukünftige Erfassungsjahre vorgesehen. Mit den derzeit verfügbaren Datenlagen sind bei diesem Ansatz allerdings erhebliche Diskrepanzen zu den Flächenbilanzierungsverfahren mit der Datengrundlage der Flächenstatistik nach Art der Tatsächlichen Nutzung zu berücksichtigen, die zu Unsicherheiten in der Bewertung führen können (Meinel und Scheffler, 2011). Grund dafür sind die verschiedenen Ausbaustufen des zugrunde liegenden Objektmodells von ATKIS in den bisherigen Erfassungsjahren. Neben teilweise inkompatiblen landesspezifischen Ausprägungen und zeitlichen Versätzen in der Grundaktualität sind dabei auch technisch begründete Qualitätsmerkmale zu berücksichtigen, und der Umstand, dass von Seiten der verantwortlichen Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV) eine zeitliche Kompatibilität der erfassten Daten weder berücksichtigt noch unterstützt wird. Deshalb ergeben sich teilweise erhebliche Diskrepanzen beim Vergleich der ATKIS-Flächenbilanzen des *IÖR-Monitors* zu den flächenpolitisch relevanten Bezugsgrößen der FeTN. Von Seiten der Vermessung wird dazu erklärt, dass ATKIS eine „fachlich gewollte, unterschiedliche Sicht auf die Landschaft“ im Vergleich zur FeTN darstellt, und Vergleichsbilanzen damit zwangsläufig nicht übereinstimmen können (Siedentop und Fina, 2010a, S. 29).

Den bislang umfassendsten Versuch, flächendeckend für die Bundesrepublik Deutschland eine Bewertung der Siedlungsentwicklung nach Nachhaltigkeitskriterien darzustellen und damit den oben genannten Punkten Rechnung zu tragen, lieferte das vom Bundesministerium für Bauwesen und Raumordnung in Auftrag gegebene „*Nachhaltigkeitsbarometer Fläche*“. Abbildung 7 stellt den Forschungsansatz dar, der gegenwärtig als die prägende theoretische Fundierung im Flächennutzungsmonitoring bezeichnet werden kann. Das Konzept verwendet Indikatoren zur Bewertung von Nachhaltigkeitszielen, die sich aus dem Zustand (Flächennutzungsmuster) und beo-

---

<sup>5</sup> [www.ioer-monitor.de](http://www.ioer-monitor.de), zuletzt besucht am 24. Januar 2013.

bachteten Entwicklung (Nutzungsänderungen) ergeben. Methodische Grundlage ist ein multikriterielles Indikatorensystem, d.h. jedem Ziel werden bestimmte Indikatoren zugeordnet, jeweils mindestens einer für den Zustand und einer für die Entwicklung. Am Ende werden auf der tiefsten gemeinsam bewertbaren Raumebene vergleichende Analysen durchgeführt und als Abweichung vom Mittelwert der Verteilung bilanziert.



**Abbildung 7: Forschungsansatz „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“ (Quelle: Siedentop et al., 2007, S. 9).**

Schwächen in der Umsetzung des Konzeptes ergeben sich dadurch, dass nicht alle Ziele eindeutig bewertbar sind. Zum einen beinhaltet die Auswahl von Indikatoren häufig eine der verfügbaren Datengrundlagen und -qualität geschuldete Einschränkung der Aussagekraft, zum anderen verdichten Indikatoren per definitionem komplexe Sachverhalte zu einer spezifischen Kenngröße - mit unterschiedlich hohem Abstraktionsgrad. Aus diesem Grunde stellt das Nachhaltigkeitsbarometer mehrere konkrete Zielbezüge für die Indikatorbewertung vor und beschreibt deren Stärken und Schwächen in Bezug auf Datengrundlage, Implementierung und Interpretation. In der Ergebnisdarstellung werden die einzelnen Indikatoren auf der bundesdeutschen Ebene räumlich differenziert dargestellt und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Bewertung der Flächenentwicklung im regionalen und nationalen Maßstab. Hauptziel ist dabei das Controlling und Monitoring der bundesdeutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Eine räumlich disaggregierte Gesamtbewertung der Flächennutzung wird hier jedoch lediglich auf der Ebene der Länder durchgeführt, eine konsequente Anwendung des Konzeptes auf Kreise oder Kommunen steht bislang aus. Darüber hinaus versteht sich das „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“ als ein Vorschlag zur Auswei-

tung gängiger Monitoringansätze, der bislang aufgrund des relativ hohen Aufwands für die Berechnung der zusätzlichen Indikatoren nur einmalig und beispielhaft implementiert wurde.

Gestützt wird der multikriterielle Ansatz zur Bewertung der Siedlungsflächenentwicklung von einem Gutachten der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg zu „*Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg*“ (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2007). Im Konzept (siehe Abbildung 8) werden die Themenfelder Flächeneinsatz, Effizienz der Flächennutzung, Qualität und Flächenmanagement ausdifferenziert und mit zugeordneten Indikatoren beschrieben. Im Gegensatz zu dem im „*Nachhaltigkeitsbarometer Fläche*“ anvisierten bundesdeutschen Bewertungsmaßstab geht es hier allerdings um den kommunalen Beobachtungs- und Planungsraum. Abbildung 9 zeigt beispielhaft die grafische Ergebnisdarstellung ausgewählter Indikatoren in Form eines Netzdiagramms für das Beispiel Filderstadt (südlich von Stuttgart). Der umrandete Graph zeigt die Indiktorausprägungen für Filderstadt am Rand an, grau schattiert sind im Hintergrund die Werte, die im Mittel aller Kommunen derselben Raumkategorie<sup>6</sup> und Einwohnergrößenklasse<sup>7</sup> erreicht werden. Diese Darstellungsform ist für alle Kommunen in Baden-Württemberg verfügbar, stützt sich allerdings ausschließlich auf Statistikdaten auf kommunaler Ebene. Da, wie im Abschnitt 2.2.2 beschrieben, deren zeitliche Konsistenz im Bereich der FeTN fraglich ist, können die hier publizierten Ergebnisse ebenfalls von Verzerrungen belastet sein (z.B. durch die Umwidmung von Grünland zu Erholungsflächen). Darüber hinaus sind die hier berechneten Indikatoren aufgrund des statistischen Bezugs nur eingeschränkt in der Lage, konkrete Aussagen über strukturelle Eigenschaften der Flächennutzung zu generieren, da (a) die räumliche Anordnung der Siedlungsstruktur nicht berücksichtigt wird, und (b) Indikatorwerte nicht auf konkrete Zielbezüge abgestellt werden. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen liefert dieser Ansatz jedoch ebenso wie der „*Nachhaltigkeitsbarometer Fläche*“ wichtige Erkenntnisse über spezifische Entwicklungen der Flächennutzung für vergleichende Analysen, und stellt damit ein wichtiges Informationsinstrument für die Bewertung der Flächennutzung auf kommunaler Ebene dar.

---

<sup>6</sup> In Baden Württemberg sind dies die Verdichtungsräume, Verdichtungsgebiete im ländlichen Raum, Randzonen um die Verdichtungsgebiete und der ländliche Raum im engeren Sinn

<sup>7</sup> über 50.000 Einwohner, 20.000 bis 50.000 Einwohner, 10.000 bis 20.000 Einwohner, 5.000 bis 10.000 Einwohner, unter 5.000 Einwohner

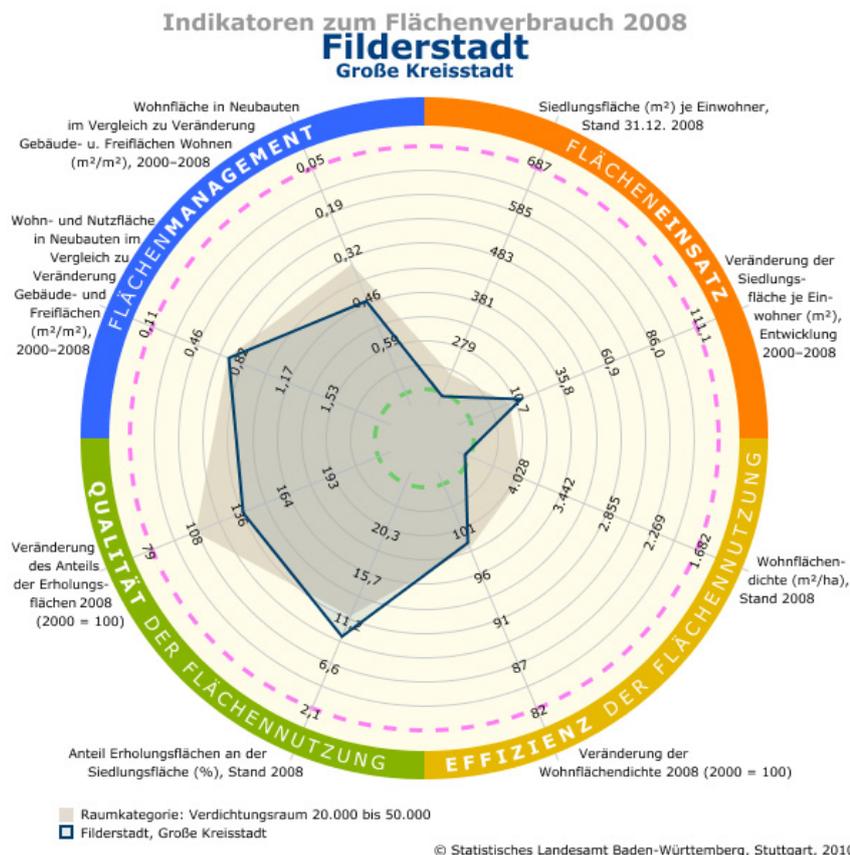
In der internationalen Literatur finden sich ebenfalls zahlreiche multikriterielle Indikatorensysteme zur Erfassung und Bewertung von Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung. Neben den in Abschnitt 2.1.3 vorgestellten Ansätzen bietet Anhang B eine Übersicht über die eingesetzten Indikatorensets. Von besonderer Bedeutung bei der Mehrzahl der vorgeschlagenen Indikatoren sind räumliche und zeitliche Charakteristika, die eine Bewertung der Flächennutzung nach fest definierten beschreibenden Elementen der Landschaftszersiedelung und der Flächeninanspruchnahme ermöglichen (siehe hierzu auch 3.2). Für die Datenbereitstellung bedeutet dies, dass technisch anspruchsvolle Geodateninfrastrukturen genutzt werden müssen. Erst über die Verfügbarkeit räumlicher Informationen können Zielbezüge im Sinne von positiven und negativen Entwicklungstrends in der Flächennutzung vergleichend analysiert werden (vgl. insbesondere Siedentop und Fina, 2010b; Frenkel und Ashkenazi, 2008; Torrens, 2008).



**Abbildung 8: Themenfelder der Flächeninanspruchnahme und deren Indikatoren im Überblick (Quelle: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2007, S. 14).**

Neben den Indikatoren für ein Flächennutzungsmonitoring sind im aktiven Flächenmanagement auch Informationsinstrumente gefragt, die die Umsetzung politischer Zielvorgaben in konkreten städtebaulichen Projekten sichtbar machen. Auf der regionalen und kommunalen Ebene sind dies vor allem Baulücken- und Brachflächenkataster für das Flächenrecycling (siehe auch 2.2.2). Zusätzlich zur eventuell möglichen Aktivierung dieser Flächenpotentiale geben Zeitreihenanalysen dieser Daten Auskunft über die Nachfrage nach Entwicklungsmöglichkeiten im Bestand. Damit sind Entdichtungsprozesse von Siedlungsstrukturen durch Bevölkerungsrückgang und Abwanderung abbildbar, die momentan kaum erfasst werden können, durch die Auswirkungen des demo-

grafischen Wandels zukünftig aber an Bedeutung gewinnen werden und das Monitoring der Flächenanspruchnahme und Landschaftszersiedelung ergänzen (siehe Abbildung 2 sowie Kroll und Haase, 2010; Siedentop und Fina, 2010c; Couch et al., 2007; Nuissl und Rink, 2005).



**Abbildung 9: Flächenverbrauch in Filderstadt (Quelle: <http://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/Flaechenverbrauch/chart.svg.asp?GE=116077>, zuletzt besucht am 24. Januar 2013).**

**Schlüsselpublikation des Autors zum Thema:**

**ANHANG B-2: 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.**

In dieser Veröffentlichung wird ein Messkonzept zur Abbildung von Landschaftszersiedelung eingeführt, das im nächsten Kapitel näher beschrieben wird. Es enthält zwar auch eine Implementierung für die Bundesrepublik Deutschland auf Basis eines geodatenbasierten, multi-kriteriellen Indikatorensets, wird aber aufgrund der Bedeutung der hier veröffentlichten konzeptionellen

tionellen Vorarbeiten als relevantester Beitrag des Autors für den Abschnitt *Indikatoren und Messkonzepte* gewertet.

Inhaltlich führt der Beitrag auf der Grundlage intensiver internationaler Literaturrecherchen zum Thema Landschaftszersiedelung in das Thema ein, und fokussiert dabei auf eine Zusammenstellung quantitativer Messmethoden (siehe dazu auch die Weiterentwicklung dieser Ergebnisse in Anhang A-2). Daran anschließend wird ein Messkonzept entworfen, das auf die Erkenntnisse der Literaturrecherche zurückgreift, es werden repräsentative Indikatoren ausgewählt und mit GIS-Methoden implementiert. Der multikriterielle Ansatz wird für eine gemeinsame räumliche Bezugsebene (10x10 Kilometer große Zellen), auf der alle Indikatoren aussagekräftig sind, mittels statistischer Analysen umgesetzt. Hierfür werden Sensitivitätsanalysen und Tests mit verschiedenen Zellengrößen durchgeführt, zudem werden eine SPSS Hauptkomponentenanalyse und ein Clusterverfahren zur Typisierung verschiedener Formen der Landschaftszersiedelung eingesetzt. Im Ergebnis entsteht eine Zersiedelungskarte für Deutschland, die einen metropolitanen, einen suburbanen, einen exurbanen und einen von Schrumpfung geprägten Typus identifiziert und kartographisch darstellt.

Der Autor war verantwortlich für die Indikatorenentwicklung des Messkonzepts und die räumliche und statistische Analytik in der Implementierung, teilweise verantwortlich für die Interpretation der Ergebnisse. Der Mitautor hat die Literaturrecherche verfasst und das Messkonzept maßgeblich entwickelt.

#### Weiterführende Literatur des Autors zum Thema

FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2008. Ein Messkonzept zur Abbildung des „Urban Sprawl“ als Beitrag zur Weiterentwicklung der Raumbewertung. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (eds.) *Angewandte Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: Wichmann.*

### 2.3 Forschungsbedarf und Zielsetzung

Zusammenfassend zeigt diese Übersicht des Forschungsstandes, dass in den Raumwissenschaften das Flächennutzungsmonitoring zur Bewertung der Flächeninanspruchnahme und der Landschaftszersiedelung intensiv beforscht wird. Die umfassende Abbildung der Kriterien nachhaltiger Siedlungsentwicklung und eines effizienten Flächenmanagements in der Raumbearbeitung wird in der Literatur dabei immer wieder angemahnt, stößt in der Praxis allerdings auf ungelöste datentechnische und methodische Probleme.

Ein konsensfähiger und konstruktiver Punkt der Kritik am Flächennutzungsmonitoring ist, dass die momentan dominierende Quantifizierung von Flächenänderungsraten zu ergänzen ist um Kontextinformationen zu qualitativen Aspekten nachhaltiger Siedlungsentwicklung. Die Bandbreite der angesprochenen Einflussfaktoren, über die zu berichten ist, umfasst dabei:

- Die gesellschaftlichen Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung (z.B. Bevölkerungsentwicklung, Wohnbaubestand, Einkommensentwicklung, usw.).
- Die messbaren Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung auf Umwelt und Gesellschaft.
- Die Belastbarkeit ökologischer Systeme (z.B. Biodiversität, Klimaschutz, Verlust von Agrarflächen) durch Flächeninanspruchnahme und der weiteren Landschaftszersiedelung.
- Die Wirksamkeit von Steuerungsmöglichkeiten der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung im Spannungsfeld wirtschaftlicher Entwicklungschancen und Nutzungsrestriktionen im Sinne nachhaltiger Siedlungsentwicklung.

Die große Herausforderung dieser Ansprüche ist es, die Komplexität der Wechselbeziehungen der Flächenentwicklung informationstechnisch abzubilden, mit bestehenden Datengrundlagen pragmatisch umzusetzen und verständlich zu kommunizieren. Die Analyse der Fachliteratur ergibt, dass die Entwicklung einer allumfassenden, rein auf Datenanalysen und statistischen Methoden basierenden Lösung wenig zielführend ist. Zwar können viele relevante Aspekte der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung mit Einzelindikatoren dargestellt und bewertet werden, dennoch bleiben Unsicherheiten bezüglich ihrer Bedeutung im Zusammenspiel mit anderen Einflussvariablen, ihrer Steuerbarkeit durch planerisches Handeln und ihrer Dynamik im Zeitverlauf.

Deshalb wird hier davon ausgegangen, dass mit den aktuellen Möglichkeiten die Weiterentwicklung von Indikatoren und Analysekonzepten für die genannten Problemkomplexe im Vordergrund

steht. Die Auswertungen zum Forschungsstand zeigen, dass sich in Forschung und Praxis mehr und mehr die Notwendigkeit einer multikriteriellen Bewertung von Flächennutzung durchsetzt. Zudem ist die Maßstabsebene von Bedeutung, auf der über die Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung informiert werden soll. Es lassen sich drei grundsätzliche Bezugsebenen des Flächennutzungsmonitorings unterscheiden:

- Auf Ebene des Bundes wird ein indikatorengestütztes, multi-kriterielles Beobachtungssystem benötigt, das die nationalen Zielvorgaben der Flächeninanspruchnahme überprüft und über die Verräumlichung von Indikatoren die Lokalisierung von „Nachhaltigkeitslücken“ auf regionaler Ebene ermöglicht.
- Auf regionaler Ebene werden Informationssysteme eingesetzt, die auf eine differenzierte Betrachtung der Flächeninanspruchnahme in den Gemeinden abzielen und dabei regionale Zielvorgaben und Handlungsspielräume berücksichtigen (z.B. wirtschaftliche und soziodemographische Entwicklungen, naturräumliche Ausstattungsmerkmale).
- Im kommunalen Raum ist die Entwicklung von Planungsinformationssystemen notwendig, die auf das Monitoring und Controlling eines nachhaltigkeitsorientierten kommunalen Flächenmanagements abzielen, und anerkannte städtebauliche Entwicklungsstrategien im Rahmen der gegebenen Entwicklungsmöglichkeiten aktiv unterstützt (z.B. Flächenrecycling, Innenentwicklung, Gewerbepools).

Im folgenden Kapitel werden hierzu weitere Publikationsergebnisse präsentiert, die im Zeitraum von 2008 bis 2012 vor allem für die (auch länderübergreifende) regionale Ebene entstanden sind.

### 3 Publikationsbasierte Ergebnisse

In diesem Kapitel werden auf der Grundlage eines methodischen Grundgerüsts (3.1) die eigenen Forschungsleistungen zu dem Thema vorgestellt. Das Grundgerüst dient als Gliederungsebene (Abschnitte 3.2. bis 3.6) für die eigenen, aber auch für maßgebliche Ergebnisse anderer Autoren, die den Text inhaltlich ergänzen.

#### 3.1 Systematisierung der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung

Für die Darstellung und die Erfassung von Umweltbelastungen wird in vielen Disziplinen die Zuhilfenahme quantitativer Messmethoden praktiziert, die die Komplexität der Zusammenhänge von Ursachen und Wirkungen in mess- und bewertbaren Einzelkomponenten fassbar macht (Bossel, 1999). Ursprünglich wurde damit der Einfluss stofflicher Belastungen auf die Umwelt und die Konsequenzen daraus auf den Menschen analysiert („*Stress* → *Response*“, z.B. bei industriellen Emissionen). Später wurden diese Modelle auf Wirkungsketten zwischen Elementen komplexer Mensch-Umwelt-Systeme erweitert, um die Nachhaltigkeit von Umweltzuständen und gegenwärtiger oder zukünftiger Entwicklungspfade bewertbar zu machen (Hodge, 1997). Zentraler Bestandteil ist die Entwicklung von Indikatoren, die Informationen über einen Umweltzustand und/oder dessen Veränderungen in einen bestimmten Bewertungsrahmen einstellen.

Erstaunlicherweise sind entsprechende Ansätze für die Systematisierung der Flächeninanspruchnahme bislang selten. Abbildung 10 zeigt einen Ansatz aus ökologischer Perspektive, der die Flächeninanspruchnahme (oder hier: „*Siedlungsentwicklung*“) als Triebkraft (engl.: „*Driving Force*“) versteht und beispielhaft die Belastungen (engl.: „*Pressures*“), Folgen (engl.: „*Impacts*“) und die Minderungs- und Verhinderungsmöglichkeiten dazu (engl.: „*Responses*“) darstellt. Angelehnt ist diese Darstellung an das *Pressure-State-Response*-Modell der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit (OECD), das seit Mitte der 1990er Jahre als Bezugsrahmen für das Monitoring von Umweltzuständen Anwendung erfährt (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2003). In einer Weiterentwicklung dieses Modells, das vor allem von der European Environment Agency im Monitoring über Umweltzustände Anwendung findet („*State of the Environment Reporting*“), werden die Komponenten des *Pressure-State-Response*-Modells durch die „*Driving Forces*“ (dt.: Triebkräfte) und *Impacts* (dt.: Auswirkungen) ergänzt (European Environment Agency, 1999). Wie Rees et al., 2008 erklären, eignet sich dieses Modell insbeson-

dere für die Darstellung von Wirkungszusammenhängen mit klar formulierten Zielbezügen. Diese ist im Themenkomplex der Flächeninanspruchnahme hauptsächlich für die Mengensteuerung gegeben, aber auch andere Ziele können damit bewertet werden (siehe Abschnitt 2.1.4). Im Rahmen dieser Arbeit eignet sich dieser Ansatz auf konzeptioneller Ebene dazu, eine Einordnung der vorliegenden Forschungsergebnisse zum Thema vorzunehmen.

Belastungen (Pressures)		Folgen (Impacts)	Minderung & Verhinderung (Responses)
Flächenverbrauch		<b>Landschaftserleben</b> reduzierte Freiraumversorgung <b>Arten und Biotope</b> Habitatverlust <b>Boden</b> Verlust wertvoller Böden	Innenentwicklung
Verlust an Freiraumqualität	Abgegrenztheit	<b>Landschaftserleben</b> Beeinträchtigungen des Landschaftsbilds	Regulierung durch Landschafts-, Flächennutzungs- und Bauleitplanung
	Durchgängigkeit	<b>Landschaftserleben</b> Einschränkung der Bewegungsfreiheit <b>Arten und Biotope</b> reduzierter Individuenaustausch; zerteilter Metapopulationsverbund; unterbrochener Genaustausch; problematische Teilhabitatuzugänglichkeit; erhöhte Mortalität; gefährdete Populationsentwicklung	Querungshilfen, Restriktionen hinsichtlich weiterer Entwicklung
	Störung und reduzierte Abgeschlossenheit	<b>Landschaftserleben</b> beeinträchtigte naturbezogene Selbsterfahrung <b>Arten und Biotope</b> reduzierte (Teil-)Habitatqualität; Beeinträchtigung von Reproduktionsbedingungen	Schutz großer Maschen, rücksichtsvolle Verkehrsplanung
Beeinträchtigung von landschaftsökologischen Ausgleichsfunktionen	Verringerung der Abflussverzögerung	<b>Arten und Biotope</b> veränderte fließgewässerbezogene Habitatbedingungen <b>Wasserhaushalt</b> erhöhtes Hochwasserrisiko; vermindertes Grundwasserdargebot	Minimierung Versiegelungsgrad, Gewässer- und Auenrenaturierung
	Behinderung Luftaustausch	<b>Menschliche Gesundheit</b> erhöhtes Risiko von Hitzestress und schlechter Luftqualität	Städtebauliche Vorsorge, Feiraumgestaltung und Landschaftsplanung
Verschlechterung der urbanen Umweltbedingungen	Hitzeinseleffekt	<b>Menschliche Gesundheit</b> erhöhtes Risiko von Hitzestress <b>Arten und Biotope</b> Veränderung der Zusammensetzung der Stadtfloora und -fauna	Städtebauliche Vorsorge, Feiraumgestaltung und Landschaftsplanung
	Zusatzbelastung Luftqualität und Lärm	<b>Menschliche Gesundheit</b> Erhöhtes Vorkommen von Atemwegserkrankungen und lärmspezifischen Gesundheitsstörungen	Verkehrsmanagement und bauliche Maßnahmen (z.B. Lärmschutzwände)

**Abbildung 10: Die wichtigsten ökologischen Folgewirkungen der „Driving Force“ Siedlungsentwicklung (Quelle: Schwarz-von Raumer und Kaule, 2009).**

Abbildung 11 zeigt in diesem Sinne die Gliederung dieses Kapitels als schematisches Abbild eines *Driving forces - Pressure - State - Impact - Response* (DPSIR) Modells. Damit wird im Zentrum der Zustand der Flächennutzung als Ergebnis der auf sie wirkenden Kräfte angezeigt. Wie in der Begriffsbestimmung im vorigen Kapitel angeführt, finden diese Kräfte, aber auch die Auswirkungen und damit einhergehende Rückkopplungen auf Triebkräfte, ihren Ursprung in:

- den verschiedenen Motivationen (soziodemografisch, ökonomisch), die Umwelt einer baulichen Nutzung zuzuführen („Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme“),
- in den Folgewirkungen die sich aus Veränderungen der bestehenden gebauten und natürlichen Umwelt („Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme“) ergeben - erwünscht oder unerwünscht,
- den Prozessen, die im Hinblick auf die Endlichkeit der „Ressource Fläche“ zu kritischen Entwicklungspfaden führen und den Möglichkeiten zur Flächeninanspruchnahme Belastungsgrenzen setzen („Belastung durch Flächeninanspruchnahme“),
- der politisch zu bestimmenden Notwendigkeit, die Flächeninanspruchnahme durch Eingriffe von Staat und Behörden zu kontrollieren („Steuerung der Flächeninanspruchnahme“).

Die Beziehungen zwischen diesen Wirkkräften sind in der Abbildung bidirektional, d.h. es sind Einflüsse in beiden Richtungen denkbar. Die gestrichelten Linien zu und von der Steuerung der Flächeninanspruchnahme sollen verdeutlichen, dass die Effekte hier weitestgehend unbekannt bzw. Gegenstand kontroverser Debatten sind. Die Steuerung wird aus diesem Blickwinkel nämlich erst integraler Bestandteil der wirkenden Kräfte, wenn ihre Wirksamkeit nachgewiesen werden kann („Evaluierung“, vgl. Einig, 2011 ; Koch, 2009).

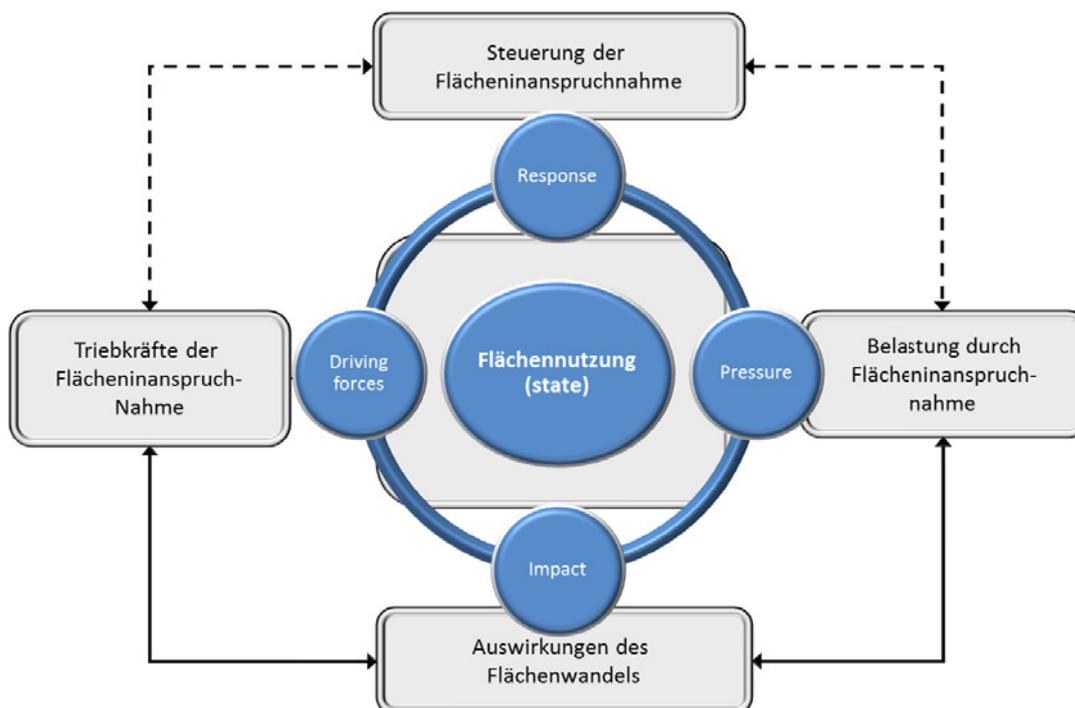
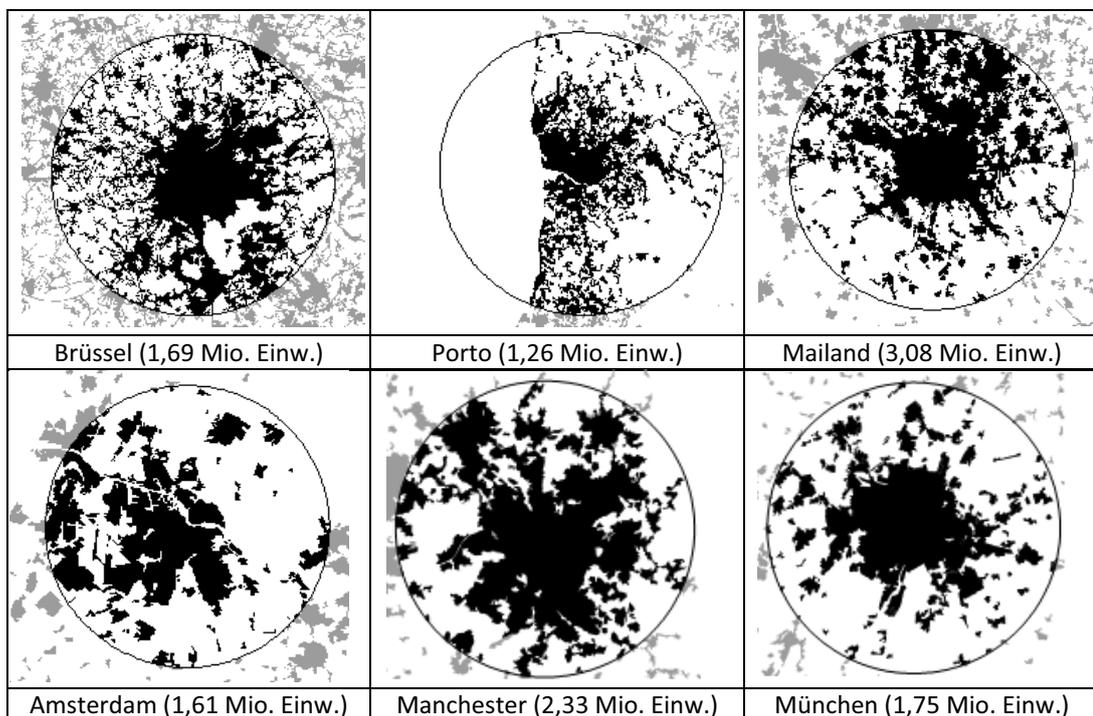


Abbildung 11: Systematisierung der Flächeninanspruchnahme (eigene Darstellung)

### 3.2 Zustand der Flächennutzung (*state*)

Ausgangspunkt und Ziel aller flächenwirksamen Kräfte ist der momentane, oder aber auch der prognostizierte Zustand der Flächennutzung („state“). Aus diesem Zustand wird der Bedarf an Nutzflächen gedeckt, der, zunächst unter Ausschluss von importierten und exportierten Gütern und Dienstleistungen (siehe Abschnitt 2.1.2), die Daseinsfunktionen des Menschen sichert. Bei der Visualisierung der dabei entstandenen Muster sind bei gleichen Siedlungsflächenanteilen teilweise frappierende Unterschiede in der Struktur und Form der Siedlungskörper und ihrer Lage im Raum festzustellen (siehe Abbildung 12).

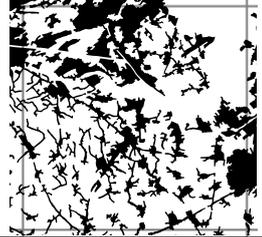
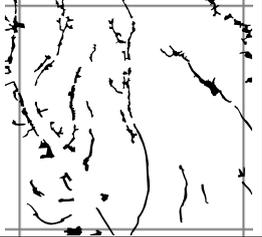
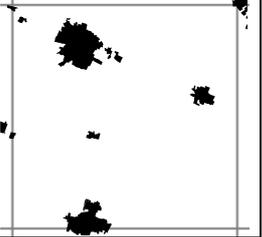


**Abbildung 12: Siedlungsstrukturen ausgewählter europäischer Großstadtreionen auf der Basis von CORINE Land Cover-Daten (Quelle: Siedentop und Fina, 2012, S. 2766).**

Im Sinne des DSPiR-Modells ist die Quantifizierung dieser Unterschiede die Hauptaufgabe bei der Erfassung des Zustandes der Flächennutzung. Warum diese unterschiedlichen Formen und Strukturen sich herausgebildet haben, bzw. wie man eine nachhaltige Flächenentwicklung bewerkstelligen könnte, bleibt bei diesem rein beschreibenden Ansatz außen vor. Relevant sind die formgebenden Eigenschaften, die im Zuge der Debatte um die Landschaftszersiedelung als problematisch gelten (siehe Abschnitt 2.1.3). Dazu gehören auf der Ebene des gesamten Siedlungskörpers und der Anordnung der Siedlungskörper zueinander die Abweichungen von einer „Idealform“. Diese ist in der Literatur zwar nicht eindeutig bestimmt, es finden sich aber immer

wieder Hinweise auf kompakte Siedlungsstrukturen, die über ein hierarchisch gegliedertes Lagemuster (z.B. ein Zentrale-Orte-System, das über Massentransportmittel effizient verbunden werden kann) zueinander in Beziehung stehen (Dempsey und Jenks, 2010; Schneider und Woodcock, 2008; Tsai, 2005; Dielemann und Wegener, 2004; Burton, 2002; Calthorpe und Fulton, 2001).

Für die in Abbildung 12 gezeigten Varianten stellen sicherlich die Stadtregionen der oberen Reihe (Brüssel, Porto, Mailand) weniger idealtypische Formen dar als die der unteren Reihe (Amsterdam, Manchester, München). Messmethoden, um auf quantitative Art und Weise wünschenswerte von nicht wünschenswerten Siedlungsmustern abzugrenzen, hängen aber stark vom gewählten Ausschnitt und einer vergleichbaren Ausgangskonstellation ab. So funktioniert z.B. in Abbildung 13 der Vergleich zwischen Kaunas und Bilzen bezüglich des *effektiven Freiraumanteils*<sup>8</sup>: bei vergleichbarem Siedlungsflächenanteil unterscheiden sich die Werte dieses Indikators deutlich. Das Gleiche gilt für den Vergleich Manicea und Cegléd, sicherlich aber nicht für den Vergleich Kaunas und Cegléd oder Bilzen und Manicea, wo unterschiedliche Ausgangsbedingungen (Siedlungsflächenanteil) zwangsläufig verschiedene Indikatorausprägungen bewirken (effektiver Freiraumanteil).

<i>Kaunas, Litauen</i>	<i>Bilzen, Belgien</i>	<i>Manicea, Rumänien</i>	<i>Cegléd, Ungarn</i>
			
SF <sub>a</sub> : 30%, F <sub>eff</sub> : 35%	SF <sub>a</sub> : 30, F <sub>eff</sub> : 8,2%	SF <sub>a</sub> : 6%, F <sub>eff</sub> : 52%	SF <sub>a</sub> : 5,6%, F <sub>eff</sub> : 86%

**Abbildung 13: Messgrößen zum Vergleich der Freiraumkonfiguration vergleichbarer Siedlungsstrukturen auf Basis von CORINE Land Cover-Daten (mit SF<sub>a</sub> = Siedlungsflächenanteil in Prozent, F<sub>eff</sub> = effektiver Freiraumanteil (Index zwischen 0 und 100); eigener Entwurf).**

Im Grunde geht diese Unvergleichbarkeit von Siedlungsstrukturen unterschiedlicher Ausgangsgröße auf die Problematik der Maßstabswahl zurück, die in der Literatur als das „*Modifiable Area*

<sup>8</sup> Der *effektive Freiraumanteil* ist ein Maß für die „siedlungsräumliche Durchdringung“ des Freiraums, bei dem wenige größere, zusammenhängende Stücke höher bewertet werden als viele kleinere, fragmentierte Bereiche. Zur Berechnungsvorschrift siehe Ackermann und Schweiger, 2008.

*Unit Problem*“ bekannt ist: Die Wahl des Maßstabs oder des Ausschnitts beeinflusst den Indikatorwert. Flächendeckende Vergleiche sind damit streng genommen unzulässig, oder man behilft sich mit entsprechender Vorsicht und einschränkenden Hinweisen in der Ergebnisinterpretation (Zhang und Kukadia, 2005, Jelinski und Wu, 1996). Mitunter wird die *Moving Windows*-Technologie eingesetzt, um diesem Problem zu entgehen: Dabei wird der Untersuchungsraum schrittweise abgetastet und der Indikatorwert bei jeder Iteration neu gerechnet. Im Ergebnis werden alle berechneten Werte gemittelt, allerdings bleibt dabei das Problem bestehen, welchem Ausschnitt dieser mittlere Wert dann zugewiesen wird (Zhang et al., 2004). In der Landschaftsinformatik, von der sich die Siedlungsstrukturforschung häufig mit der Übernahme von Indikatoren aus den *Landscape Metrics* inspirieren lässt, wird dieser Problematik mit der Differenzierung von Patch, Habitat und Landschaftsebene begegnet (Blaschke und Lang, 2007). Eine Adaption dieses Konzepts für die Quantifizierung von Siedlungsstrukturen bezüglich Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung ist bislang noch nicht gelungen und vielleicht auch nicht zielführend. Eine Alternative ist das vom Autor entworfene Konzept des *Dispersion Index*. Die Idee zu dieser Kenngröße beruht auf dem Entwurf einer künstlichen Verteilung aller vorhandenen Siedlungsflächen im Raum, die als die (hypothetisch) am stärksten zersiedelte Struktur für die vorhandene Siedlungsflächen angesehen wird. Im Gegensatz zu den *Landscape Metrics*, die den Ist-Zustand in aller Regel gegenüber dem unberührten Freiraum messen, wird hier der aktuelle Siedlungsflächenanteil als gegeben hingenommen, der Indikatorwert reflektiert die Abweichung der Siedlungsstruktur vom schlechtesten denkbaren Zustand. Im Vergleich zu anderen getesteten Indikatoren<sup>9</sup>, die den Dispersionszustand von Siedlungsflächen messen, reagiert dieser Ansatz auch auf die unterschiedliche naturräumliche Ausstattung des Untersuchungsgebietes. Es werden nämlich bei der Verteilung der Siedlungsflächen nicht bebaubare Gebiete (durch topographische Restriktionen und planerische Festlegungen geschützte Bereiche) berücksichtigt (Fina, eingereicht 2012). Gleichzeitig wird das Kriterium „Stetigkeit der Indikatorsausprägung“ berücksichtigt (siehe Abschnitt 2.2.3), d.h. dass die Interaktionen zwischen Siedlungsteilflächen in bestehenden Siedlungskörpern nicht zur Dispersion beitragen, sondern herausgerechnet werden. Grund hierfür ist die Annahme, dass die innerhalb der Siedlung bestehenden Versorgungssysteme

---

<sup>9</sup> Intensiv getestet wurde z.B. eine Adaption des „*Proximity Index*“ nach McGarigal und Marks, 1995 und die Idee der „*Urban Permeation*“ nach Jaeger et al., 2010.

me nicht zur Zersiedelung beitragen, nur die Distanzen zwischen isoliert voneinander liegenden Siedlungsteilflächen werden als zersiedelnd betrachtet.

Neben der Form und Anordnung ist die interne Struktur von Siedlungsflächen ein wichtiger Aspekt in der Bewertung der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung. Prägend für ineffiziente Siedlungsstrukturen sind vor allem die niedrige Dichte der Wohnbebauung und von Gewerbe- und Industriegebieten entlang von Ausfallstraßen und am Stadtrand. Derartige Entwicklungen werden als problematisch angesehen, da hier große Flächen von wenigen Nutzern beansprucht werden und die Erreichbarkeit häufig nur mit dem motorisierten Individualverkehr gewährleistet werden kann. Als typisch wird auch die räumliche Trennung und hohe Distanzen zwischen den Funktionen Wohnen, Arbeiten und Versorgung (inkl. Freizeit) angesehen, teilweise auch die architektonische Einförmigkeit (siehe auch Abschnitt 2.1.2). Aus diesem Grund kann der *Dispersion Index* auch für funktionale Siedlungsteile (Wohnen, Gewerbe, öffentliche Einrichtungen) oder auf Gebäudeebene eingesetzt werden. Als Maß für die Nutzungsmischung dient das *Functional Triangle*, mit dem die kleinsten potentiell denkbaren Wegedistanzen zwischen den Funktionen Wohnen, Arbeiten und öffentlichen Dienstleistungen (z.B. Kindergärten, Schulen, Krankenhäuser) abgebildet werden (Fina, eingereicht 2012).

Auf der Ebene der Stadtplanung werden Kennziffern wie der Versiegelungsgrad, der Vegetationsanteil und der Überbauungsgrad eingesetzt. Der Grad der Versiegelung hat Zeigerwirkung für die Stärke des Hitzeinseleffektes und beeinflusst den Wasserhaushalt über Verdunstung und Retention (Corburn, 2009, Siedentop, 2006). Der Vegetationsanteil gilt als Maß für die Durchgrünung einer Stadt mit Parkanlagen, Gebäudefreiflächen und anderen innerstädtischen Grünflächen und gewinnt als klimatologische Kennziffer zunehmend an Bedeutung. Zudem wird angenommen, dass der Ressourcenverbrauch von Siedlungssystemen in hohem Masse von der Intensität der Flächennutzung abhängig ist (siehe Abschnitt 2.1.3). Neben der Erschließung und dem Betrieb technischer Infrastruktur betrifft dies vor allem den Verkehrsaufwand und die Rentabilität nachhaltiger Verkehrsoptionen (öffentlicher Nahverkehr, Fahrrad und Fußwege, vgl. Muniz und Galindo, 2005). In diesem Sinne sind Städte mit einem hohen Überbauungsgrad (d.h. Gebäudegrundfläche mal Anzahl der Geschosse pro Bezugseinheit) besser geeignet, um effiziente und rentable Verkehrssysteme zu installieren. Derartige Parameter sind typische Indikatoren, die im Monitoring der Stadtentwicklung gewinnbringend eingesetzt werden können und z.B. bei Siedentop et al., 2010 für die Städte Köln und München auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten, kombiniert mit Gebäudehöhen aus Laserscan-Befliegungen, ausgewertet wurden. Derzeit

sind keine flächendeckenden, längeren Zeitreihen für diese Daten verfügbar, so dass, wie hier, lediglich Querschnittsanalysen möglich sind.

**Schlüsselpublikationen des Autors zum Thema:**

**ANHANG B-3: FINA, S. eingereicht Juni 2012, in revidierter Form eingereicht im Dezember 2012. *Patterns of Urban Sprawl: Measuring dispersion. Geographical Analysis*, , unveröffentlicht.**

Dieser Beitrag beschäftigt sich intensiv mit der Struktur-Dimension der Landschaftszersiedelung („*Pattern*“). Im einführenden Teil wird festgestellt, dass es bislang keine überzeugenden Indikatoren gibt, die diese Dimension tatsächlich abbilden. Aus diesem Grund werden im Hauptteil zwei neue Indikatoren entworfen.

Der erste Indikator („*Dispersion Index*“) arbeitet mit geoinformationellen Techniken der Nearest Neighbour-Analytik und wurde bereits im Hauptteil beschrieben. Ein zweiter Indikator, das „*Functional Triangle*“, bildet die Nutzungsmischung ab, die durch die Siedlungsstruktur vorgegeben wird. Dabei werden die Grundfunktionen Wohnen, Arbeiten und öffentliche Einrichtungen auf Gebäudeebene mittels Netzwerkanalysen zu Wegeketten verarbeitet und über die resultierenden Distanzen Wohnquartiere gemittelt. Im Ergebnis misst die Indikatorausprägung ein in der Literatur häufig angeführtes Charakteristikum der Zersiedelung, nämlich die räumliche Trennung von Daseinsfunktionen und die damit zusammenhängenden höheren Distanzen, die im Mittel zurückzulegen sind.

Beide Indikatoren werden in dem Beitrag konzeptionell vorgestellt und in verschiedenen hypothetischen Raumkonfigurationen gerechnet. Weitere Simulationstests sind notwendig, um die Eigenschaften der neuen Indikatoren entsprechend der Kriterien in Abschnitt 2.2.3 systematisch für andere Konstellationen zu testen.

**ANHANG B-4: FINA, S., TAUBENBÖCK, H., WURM, M. & SIEDENTOP, S. 2010. *Planungsrelevante Messgrößen der Stadtentwicklung - was leisten hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten? In: TAUBENBÖCK, H. & DECH, S. (Hrsg.) Fernerkundung im urbanen Raum. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.***

Dieser Buchbeitrag wurde auf Einladung der Herausgeber verfasst und im Peer Review-Verfahren durch andere Autoren des Bandes begutachtet. In der Einführung werden Sinn und Zweck von Monitoring- und Controlling-Systemen in der Raumbeobachtung diskutiert. Dabei wird insbesondere auf den Wert von Indikatoren für die Stadtplanung eingegangen. Im zweiten Teil beschreiben die Mitautoren die derzeitigen Möglichkeiten der Fernerkundung, planungsrelevante Datengrundlagen für die Raumbeobachtung zur Verfügung zu stellen. Der

der dritte Teil beschäftigt sich mit dem praktischen Einsatz der fernerkundlich erhobenen Daten für die Berechnung von Geschossflächenkennziffern und Gebäudedichten für die Städte Köln und München. Der Beitrag schließt mit einer vergleichenden Ergebnisinterpretation der berechneten Kennziffern und beschreibt perspektivisch deren Einsatzmöglichkeiten für die Planungspraxis.

Der Verfasser war hauptverantwortlich für den gesamten Text bis auf die Darstellung der urbanmorphologischen Parameter unter 3.2, die von den Mitautoren H. Taubenböck und M. Wurm verfasst wurde. Einleitung und Hintergrund wurden von S. Siedentop mitverfasst.

#### Weiterführende Literatur des Autors zum Thema

*SIEDENTOP, S. & FINA, S. 2010. Monitoring urban sprawl in Germany: towards a GIS-based measurement and assessment approach. Journal of Land Use Science, 5, 73-104.*

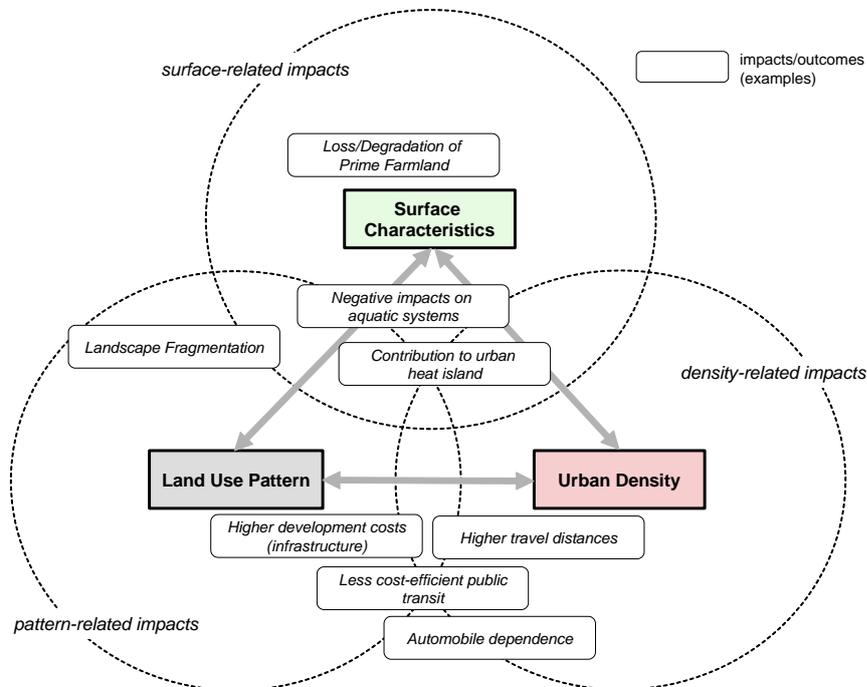
*FINA, S. 2009. Benchmarking Urban Development Indicators - Comparing Apples to Apples using GIS. In: KREK, A., RUMOR, M., ZLATANOVA, S. & FENDEL, E. (Hrsg.) Urban and Regional Data Management - UDMS Annual 2009. Ljubljana: Taylor & Francis.*

*FINA, S. & SIEDENTOP, S. Year. Urban sprawl in Europe identifying the challenge. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V., ENGELKE, D. & ELISEI, P., (Hrsg.) REAL CORP 008, 2008 Vienna. CORP - Ceit Alanova, S. 489-501.*

### **3.3 Belastung durch Flächeninanspruchnahme (*pressure*)**

Die Belastungen, die im Sinne des DPSIR-Modells von der Flächeninanspruchnahme ausgehen, sind zum einen über den Zustand der Flächennutzung zu bewerten, verändern sich aber auch im Zeitverlauf. Torrens und Alberti, 2000 beschreiben hierzu „*Process*“-Variablen, die sich von „*Pattern*“-Variablen unterscheiden. Auch Jaeger und Bertiller, 2006 greifen diesen Gedanken in ihrer Definition zur Landschaftszersiedelung auf (siehe Abschnitt 2.1.3): Durch die Art und Weise, wie und wo zusätzliche Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung stattfindet, verändern sich die Belastungsniveaus für Mensch und Umwelt. Aus diesem Grund enthalten multikriterielle Messmethoden für die Abbildung der Landschaftszersiedelung auch dynamische Indikatoren, die die Veränderung der Ausprägung im Zeitverlauf angibt. Beispiele hierfür wurden bereits oben beschrieben, ein konzeptionell umfassenderes Anwendungsbeispiel ist das vom Autor in einer Reihe von Publikationen (mit-) veröffentlichte Wirkungsmodell zur Landschaftszersiedelung in Abbildung 14. Darin werden drei Dimensionen von Landschaftszersiedelung differenziert (fett

gedruckte eckige Kästen und ihre Wirkungskreise), die in unterschiedlicher Ausprägung und Wechselbeziehung zueinander bestimmte, in der Literatur beschriebene Auswirkungen haben können. Diese sind beispielhaft in eckigen Kästen angeführt.



**Abbildung 14: Wirkungsmodell zur Beschreibung der relevanten Eigenschaften der Flächennutzung und seiner Veränderungen für das Monitoring von Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung (Quelle: Siedentop und Fina, 2010b, S. 79).**

Die Dimensionen sind:

- die Zusammensetzung der Flächennutzung (*Surface* oder *Composition*), die die Anteile der Flächennutzungen und ihre Veränderung im Zeitverlauf quantitativ beschreibt.
- die Flächennutzungsstruktur, die die räumliche Konfiguration von Siedlungsflächen oder funktionaler Siedlungsteile zueinander beschreibt - Schlüsselworte sind hier die Dispersion der Siedlungsnutzung und die Fragmentierung des Freiraums -
- die Dichtedimension, die die Intensität der Flächennutzung und damit den Pro-Kopf-Ressourcenverbrauch und die Infrastruktureffizienz beschreibt.

Der Sinn und Zweck dieses Modells ist die Identifikation der Eigenschaften, deren Zustand und Veränderung im Zeitverlauf beobachtet werden sollten, um die Belastungsniveaus durch die

Flächeninanspruchnahme räumlich und zeitlich zu erfassen. Zudem bietet es bei Verwendung multi-kriterieller Indikatorensysteme die Möglichkeit, mittels statistischer oder qualitativer Methoden die Auswahl von Leitindikatoren vorzunehmen. In der Studie Siedentop und Fina, 2010b wurde z.B. die Indikatorenwahl nach der Prämisse vorgenommen, jede der Dimensionen repräsentativ mit mindestens einem statischen (den Ist-Zustand beschreibenden) und einem dynamischen (die Veränderung im Zeitverlauf) Indikator zu erfassen (siehe Tabelle 1). Auch für die Einordnung der Ergebnisse einer Hauptkomponentenanalyse, die im Zuge dieser Studie durchgeführt wurde, ist der Rückschluss auf dieses Modell von Vorteil: Die Ausprägungen der Indikatorwerte können im Kontext der Flächeneigenschaften, die sie beschreiben, zusammengefasst und typisiert werden (siehe Siedentop und Fina, 2010b).

Beispiele für die Abbildung von Belastungen sind in dieser Studie die Erfassung von Siedlungsdichte und ihrer Veränderung. Damit können, auch in Gebieten mit historisch kompakter Siedlungsstruktur, Zersiedelungstendenzen ausgemacht werden, die ein Gegensteuern durch die Planung erforderlich machen. Ein weiteres Beispiel ist die *Greenfield development rate*, die angibt, welchen flächenmäßigen Anteil neu fertig gestellte Wohngebäude an der gesamten Veränderung der SuV im Bilanzierungszeitraum hatten, oder der *Openness Index*, der die standörtliche Integration neuer Siedlungsflächen in den Siedlungsbestand erfasst.

Density	Pattern	Surface
(1) Urban density	(4) Effective share of open space	(8) Share of urbanised land
(2) Change in urban density	(5) Patch density	(9) <i>New consumption</i>
(3) <i>Greenfield development rate</i>	(6) Mean shape index	
	(7) <i>Openness index</i>	

**Tabelle 1: Ausgewählte Indikatoren der Landschaftszersiedelung (Prozessindikatoren kursiv, aus: Siedentop und Fina, 2010b, S. 81).**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Bereiche Zustand der Flächennutzung und Belastung durch Flächeninanspruchnahme mit quantitativen Methoden gut abgebildet und auch einzeln bewertet werden können. Wie die obigen Beispiele zeigen, ist in der Interpretation die Ausprägung der Einzelindikatoren stets zu berücksichtigen, da sich insbesondere bei Zustand und Veränderung an sich positive oder negative Ausgangsbedingungen durch Veränderungen aufheben oder verstärken können. Aus diesem Blickwinkel sind statistische Aggregationen von Indikatoren,

die im oben zitierten Beitrag<sup>10</sup> vorgenommen wurden, zwar hilfreich für die Beschreibung von unterschiedlichen Typen der Landschaftszersiedelung, ersetzen jedoch nicht die Notwendigkeit, die konstituierenden Merkmale genauer zu beleuchten.

**ANHANG B-5: SIEDENTOP, S. & FINA, S. 2012. *Who sprawls most? Exploring the patterns of urban growth across 26 European countries. Environment and Planning B, Vol. 44, S. 2765-2784.***

Dieser Artikel enthält eine vergleichende Analyse der in Abbildung 14 dargestellten Dimensionen der Landschaftszersiedelung für die Länder der Europäischen Union. Der Artikel beginnt mit einer umfassenden Literaturanalyse zum Thema *Urban Sprawl* und Landschaftszersiedelung, für die der Mitautor hauptverantwortlich ist. Gemeinsam wurde daraus ein Indikatorenkonzept für die Staaten der Europäischen Union entworfen, das mit *CORINE Land Cover*-Daten und ergänzenden Informationen zu Bodenversiegelung (*FTS Soil Sealing Layer*) und Bevölkerung (*Population Density Grid*) aus den Beständen der Europäischen Umweltbehörde EEA umgesetzt werden konnte. Indikatorberechnungen wurden zunächst mit den verfügbaren Datengrundlagen umgesetzt und anschließend für die Gegenüberstellung mit anderen Indikatoren auf eine gemeinsame räumliche Bezugsebene transformiert (20x20 Kilometer großen Zellen). Zusätzlich wurden Ländermittelwerte berechnet, um die, zugegebenermaßen etwas plakative, Frage nach dem Land mit der höchsten Zersiedelung in der Europäischen Union zu beantworten. In der Interpretation werden erklärende Variablen wie das Bevölkerungs- oder Wirtschaftswachstum untersucht, jedoch ohne monokausale Zusammenhänge zur Flächeninanspruchnahme in den jeweiligen Ländern feststellen zu können.

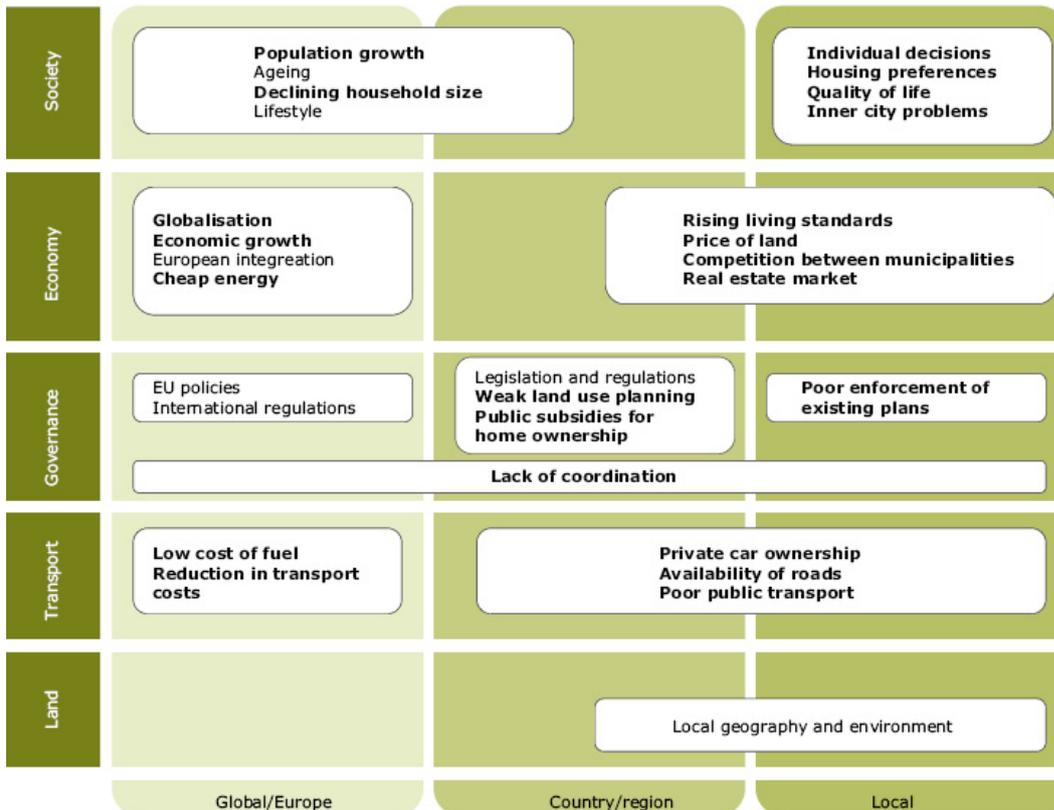
Der Autor zeichnet für die Berechnung der Indikatoren verantwortlich und hat das Abbildungsmaterial erstellt. Die zusammenfassende Interpretation wurde, unter Hauptverantwortung des Mitautors, gemeinsam verfasst.

---

<sup>10</sup> Die Zusammenfassung dieses Beitrags findet sich aufgrund seiner zentralen Bedeutung für die Beschreibung von Messkonzepten in Abschnitt 2.2.3.

### 3.4 Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme (*drivers*)

Trotz der erkennbaren Belastung durch Flächeninanspruchnahme stehen der konsequenten Reaktion, dem Postulat des „Flächensparens“, mächtige Triebkräfte entgegen. Im *State of the Environment* - Report der Europäischen Union zum Thema Landnutzung - werden diese zusammengefasst (siehe Abbildung 15).

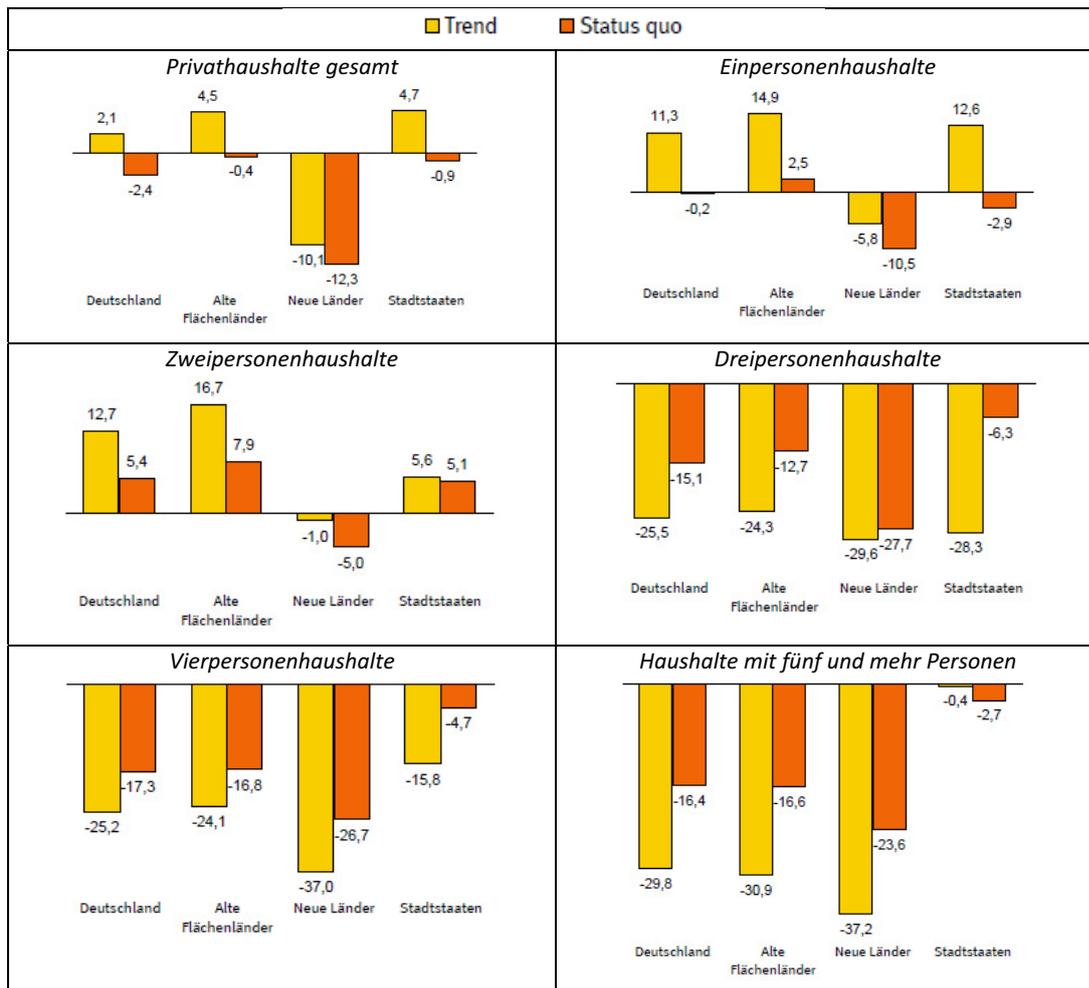


**Note:** Drivers have been organised in two dimensions: type (vertical) and spatial scale (horizontal). Demand/supply has not been differentiated. In bold: factors that drive urban sprawl; the remaining factors may become drivers under certain conditions.

**Abbildung 15: Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme (Main drivers of urban sprawl) in Europa (Quelle: European Environment Agency, 2010, S.23).**

Dabei werden von links nach rechts verschiedene Bezugsmaßstäbe unterschieden (Global, Regional, Lokal), für die Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme identifiziert werden, und von unten nach oben thematische Einordnungen vorgenommen. Fett gedruckte Triebkräfte werden als ursächlich für die Landschaftszersiedelung angesehen, die anderen Faktoren können unter bestimmten Bedingungen eine Rolle spielen. Herausgestellt wird im Bericht, dass die Triebkräfte sich gegenseitig verstärken oder ausgleichend wirken können (vgl. European Environment Agency, 2010, S. 22f).

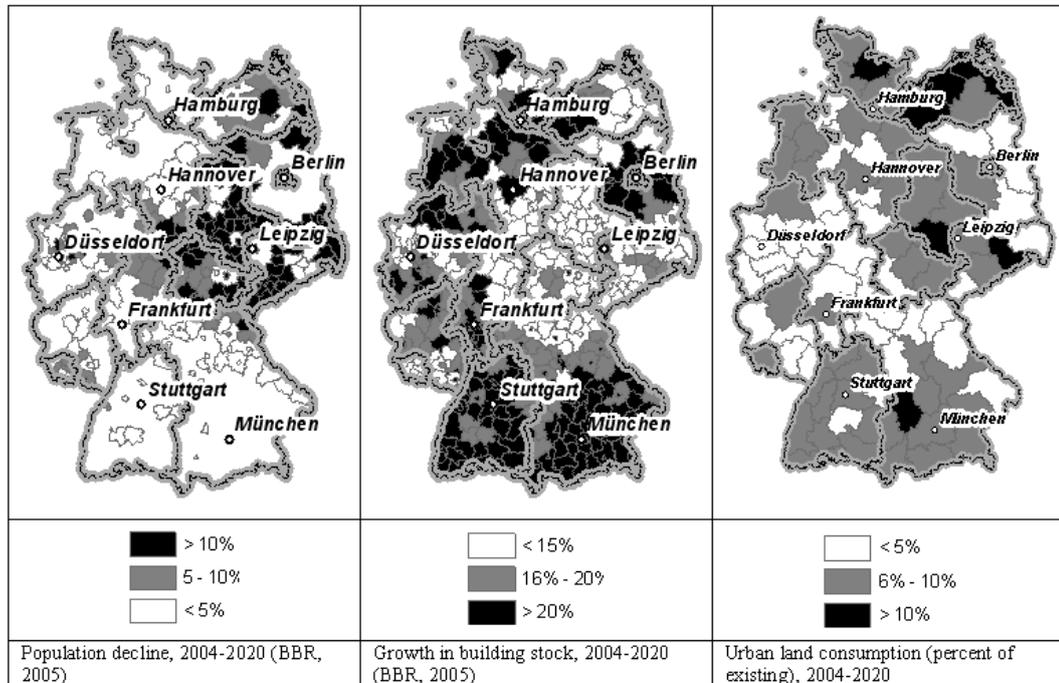
Ein wichtiger Aspekt in dieser Diskussion ist die Tatsache, dass in Gebieten mit nachlassendem oder rückläufigem Bevölkerungswachstum trotzdem zusätzliche Nachfrage nach neuen Baugebieten entsteht. Verantwortlich sind veränderte Lebensbedingungen und daraus resultierende Standortpräferenzen für Gewerbe- und Industrie, aber auch für Wohngebiete und Freizeiteinrichtungen. Wie in der Schautafel der Europäischen Union ersichtlich kommt dabei den Einflussfaktoren einer den Individualverkehr fördernden Verkehrsentwicklung besondere Bedeutung zu. Die Erreichbarkeit von Arbeitsstätten und Versorgungszentren mit dem Auto erschließt bauwilligen Akteuren die Besiedlung neuer, eventuell kostengünstiger Standorte, die allerdings auf Kosten zusätzlicher Flächeninanspruchnahme geht. Siedentop et al., 2009 untergliedern diesbezüglich die spezifisch deutschen Triebkräfte in angebots- und nachfrageseitige Variablen. Die Nachfrage ergibt sich im Wesentlichen aus den Wachstumsprozessen von Bevölkerung und Wirtschaft, die allerdings flächenverbrauchsrelevanten Veränderungen unterworfen sind. Aus demografischer Sicht steht mit der Perspektive einer stagnierenden bis sinkenden Bevölkerungsentwicklung theoretisch eine weitflächig sinkende Nachfrage nach neuen Siedlungsflächen im Raum („das Ende der Suburbanisierung“), durchsetzt von Inseln des Wachstums in prosperierenden Regionen (vgl. Prognos AG, 2010; Gans und Kemper, 2011). Als nachfrageseitige Triebkraft der Flächeninanspruchnahme ist deshalb zu erwarten, dass zwar der Wohnflächenbedarf weiterhin eine große Rolle spielen wird, allerdings wird sich dieser Bedarf im Vergleich zu den vergangenen Dekaden weniger in bestandsbildenden Familienwohnungen als vielmehr in einer fokussierten Nachfrage nach Haushalten mit weniger Personen, aber mehr Wohnfläche pro Person widerspiegeln. Unterstellt wird dabei, wie in den Trendbalken in Abbildung 16 gezeigt, dass die Haushaltsgrößen weiterhin zurückgehen. Deshalb sind hauptsächlich kleinere Haushalte im Nachfrageplus, allerdings nur in den alten Flächenländern und den Stadtstaaten. Drei-Personenhaushalte und größer werden dagegen immer weniger, auch aufgrund des demografischen Wandels: In einer alternden Gesellschaft verbleiben relativ viele Familien nach Auszug der Kinder im Eigenheim und bilden kleinere Haushalte („*Remanenzeffekt*“) in überdimensioniertem Wohnraum, während die kleineren Alterskohorten im Familiengründungsalter (25-40 Jahre) heute relativ und absolut gesehen weniger Wohnbestand im Neubau von Eigenheimen bilden als die Elterngeneration, und damit weniger zur Flächeninanspruchnahme beitragen.



**Abbildung 16: Veränderung der Anzahl der Privathaushalte von 2009 bis 2030 - Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung 2007 (Quelle: verändert nach Statistisches Bundesamt, 2011, S.7)<sup>11</sup>.**

In den meisten Prognosen wird diese demografische Komponente zwar als korrelativ zur zukünftigen Flächeninanspruchnahme gesehen, allerdings mit einem zeitlichen Versatz und mit zunehmender Entkopplung. So wird selbst unter idealen Bedingungen davon ausgegangen, dass die Anpassung von Siedlungsstrukturen an veränderte Bevölkerungsgrößen sehr lange dauern kann

und eine weitere Flächeninanspruchnahme bei zunehmender Entdichtung des Siedlungsbestandes wahrscheinlich ist (siehe Abbildungen 2 und 17, vgl. Distelkamp et al., 2011, Siedentop und Fina, 2010c; Fina und Siedentop, 2009a).



**Abbildung 17: Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme und modellgestützte Prognosen auf Basis eines regionalisierten Modells zur Flächeninanspruchnahme (Quelle: verändert nach Distelkamp et al., 2008, veröffentlicht in Fina und Siedentop, 2009a, S.514).**

Nur in seltenen Fällen kommt es zu einer tatsächlichen Renaturierung ehemaliger Siedlungsflächen, so dass im Saldo der Flächenbilanz die Neuinanspruchnahme von Flächen zumeist positiv ausfällt. In diesem Zusammenhang haben Siedentop et al., 2009 auch angebotsseitige Nachfragevariablen untersucht, und beschreiben darin den Effekt von Schrumpfungsprozessen auf die Baulandpolitik der betroffenen Kommunen. Mit Hilfe von Baulandangeboten wird versucht, sinkende Steuereinnahmen durch Neuansiedlungen von Gewerbe und Wohnbevölkerung zu kompensie-

<sup>11</sup> „Die Haushaltsvorausberechnung basiert auf Haushaltsmitgliederquoten nach zwei Varianten. In der Trendvariante wurden die Veränderungen in der Verteilung der Bevölkerung nach Haushalten unterschiedlicher Größe zwischen 1991 und 2009 fortgeschrieben. In der Status quo-Variante wurden die Ausgangsverhältnisse im Haushaltsbildungsverhalten konstant gehalten.“ (Statistisches Bundesamt, 2011, S.4).

ren. Gleichzeitig verbleibt wenig finanzieller Spielraum für den kostspieligen Stadtumbau und das Flächenrecycling im Siedlungsbestand, weshalb einfach und günstig zu realisierende Baulandpotentiale im Außenbereich den Vorzug erhalten (vgl. auch Schiller et al., 2009; Banse und Effenberger, 2006). Hinzu kommt, dass die Nachfrage nach Gewerbeflächen zunehmend von der Standortgunst automobiler Erreichbarkeit abhängt. Während im Dienstleistungsbereich die Führungsvorteile zentraler Lagen weiterhin von Bedeutung sind, kann in der Gewerbeflächenentwicklung und teilweise auch im Handel ein Trend zur Flächenexpansion ausgemacht werden, der in Innenbereichslagen schwierig zu realisieren ist. Insbesondere die Gewerbesteuer ist ein bedeutender Faktor bei der Flächeninanspruchnahme, da die Schaffung von Flächenangeboten als wirtschaftliches Entwicklungsinstrument eingesetzt wird.

Abbildung 18 stellt in diesem Zusammenhang eine Kernproblematik der bundesdeutschen Flächenhaushaltspolitik in den Mittelpunkt des Interesses: nämlich dass bei der Flächeninanspruchnahme nicht nur Nachfrageaspekte (v.a. Wohnen, Wirtschaft, Erholung) eine Rolle spielen, sondern in erheblichem Masse auch die, wie in den Bildern aktiv beworbene, Angebotspolitik der Gemeinden zum Tragen kommt:

*„Die Beobachtung, wonach es in Regionen und Gemeinden ohne demographischen oder ökonomischen Hintergrund zu erheblichen Flächeninanspruchnahmen kommt, kann [aber] nur mit stadtentwicklungspolitischen und fiskalischen Interessenlagen der Gemeinden erklärt werden. Der Versuch, mit Hilfe der Bereitstellung von Bauland Einwohner und Betriebe zu generieren und auf diese Weise steuerliche Einnahmeeffekte zu erzeugen, muss als ein immer bedeutsamer werdender Antriebsfaktor der Flächeninanspruchnahme angesehen werden“ (vgl. Siedentop et al., 2009, S.96).*

In dieser Schlussfolgerung deutet sich an, dass die viele Jahre bestimmende Diskussion um wachstumsgeschuldeter Flächeninanspruchnahme den heutigen Entwicklungen nicht mehr gerecht wird. Waren die Siedlungserweiterungen der Nachkriegsjahre noch hauptsächlich den Flächenansprüchen einer prosperierenden Bevölkerung und Industrie geschuldet, so sind spätestens seit Mitte der 1990er Jahre vor allem in den neuen Bundesländern Entwicklungen beobachtbar, bei denen trotz hoher Wanderungsverluste die SuV-Entwicklung stark konträr, nämlich steigend, verläuft.



Quelle:  
<http://baubeconstadtsanierung.de/staedte-und-gemeinden/staedtebauliche-beratung/burgerbeteiligung/viu/>, zuletzt besucht am 30. Januar 2013



Quelle:  
[http://www.mueritzportal.de/images/bauland\\_55plus\\_bollewick\\_8773.jpg](http://www.mueritzportal.de/images/bauland_55plus_bollewick_8773.jpg), zuletzt besucht am 30. Januar 2013

**Abbildung 18: Werbetafeln zur Vermarktung von Baulandgebieten.**

In vielerlei Hinsicht handelt es sich dabei um einen nachholenden Flächenverbrauch, der sich aus der politisch gewollten Angleichung der Lebensverhältnisse zwischen ost- und westdeutschen Bundesländern mit erheblichen Investitionen in die Modernisierung von Siedlungsstruktur und VerkehrswegeNetz äußert (vgl. Siedentop und Fina, 2010c; Siedentop und Fina, 2010b; Couch et al., 2007; Kroll und Haase, 2010; Nuissl und Rink, 2005). Als Extreme dieser Entwicklung sind aber auch die oben geschilderten Effekte kommunaler Flächenpolitiken zu beobachten, die dem Ziel des Flächensparens zuwiderlaufen. Im Extremfall kommt es zu einer „Baulandbevorratung“ im Außenbereich, d.h. Flächenausweisungen zur Vorhaltung zukünftiger Potenziale ohne eigentlichen momentanen Siedlungsdruck. In den Liegenschaftsbüchern werden diese Flächen als vollwertige SuV verzeichnet und tragen damit vermeintlich zur weiteren Flächeninanspruchnahme bei. Darüber hinaus stehen aus flächenpolitischer Sicht „positiv allokativen Festlegungen“ in der Kritik, die aus standortsichernden Erwägungen Gewerbe- und Wohnbauflächen in Außenbereichslagen erschließen, aber gleichzeitig vor der Wiederverwertung bestehender Flächenpotenziale im Innenbereich aus Kostengründen oder aufgrund vermeintlicher Ungunsth Faktoren zurück-scheuen. Dieser Mismatch in Flächennachfrage und -angebot wird in der Literatur als „Paradoxon der Baulandentwicklung“ bezeichnet (vgl. Einig, 2005; Greiving und Höweler, 2008), andere Autoren sehen darunter auch die Diskrepanz zwischen den kurzfristigen Gewinnerwartungen bei neuen Baulandausweisungen und den externalisierten Kosten von Erschließung und Erhaltung in der langfristigen Gesamtbilanz (vgl. Schiller et al., 2009, S.72ff.).

**Schlüsselpublikation des Autors zum Thema:**

**ANHANG B-6: FINA, S., ZAKRZEWSKI, P. & PLANINSEK, S. 2009. *Suburban Crisis? Demand for Single Family Homes in the Face of Demographic Change. Europa Regional, 17, 2-14.***

In diesem Beitrag werden die Perspektiven des Ein- und Zweifamilienhausbestandes in ausgewählten westdeutschen Bundesländern (Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen) untersucht. Die Relevanz für diesen Abschnitt bezieht sich auf die Gefahr einer Entdichtung des Siedlungsbestandes bei gleichzeitiger neuer Flächeninanspruchnahme, da dieser Siedlungsbestand für die wohnraumsuchende Bevölkerung zunehmend unattraktiv wird. Die Studie geht dabei von der These aus, dass die Nachnutzung von Ein- und Zweifamilienhäusern je nach räumlicher Lage und Wohnungsmarktentwicklung gefährdet ist und damit den *Shrinkage Sprawl* (vgl. Abbildung 2) befördert. Grundlage für diese Annahme sind Erkenntnisse aus der Demographieforschung, die einen starken Wandel in den Wohnpräferenzen der Bevölkerung erkennen, aber auch in der Investitionsbereitschaft in diese Wohnform, die als präferierte Bebauung der Suburbanisierungsphasen der Nachkriegszeit (1950 bis 1970) mit zunehmendem Alter strukturelle Defizite aufweist und teilweise der Instandsetzung, häufig der energetischen Modernisierung bedarf. Methodisch beschäftigt sich der Artikel mit der Abbildung der Nachnutzungsrisiken für diesen Wohnbestand mit Hilfe von geodatengestützten Indikatoren, die zu einem multikriteriellen Index zusammengefasst und kartographisch dargestellt werden. Die Indikatoren stammen aus den Bereichen Wohnen (Gebäudealter, Gebäudetyp, Schätzungen zu Haushaltsgrößen), Demographie (Bevölkerungsentwicklung, Altenquotient, Wanderungsbilanz) und Landnutzung / Lage (Siedlungsdichte, Distanz zum nächsten Oberzentrum). Die Zusammenfassung erfolgt mit einer gewichteten Addition der Indikatoren und Transformation der zunächst auf Gemeindeebene berechneten Grundwerte auf anonymisierte Zellgrößen von 10x10 Kilometer. Die Ausgabe der Risikokarten differenziert zwischen dem Nachnutzungsrisiko für Gebiete mit potentiellen Gebäudeüberhängen in der Zukunft aus unterschiedlichen Bauphasen, d.h. mit einem hohen Ein- und Zweifamilienhausbestand, der in den drei Dekaden 1950 bis 1980 gebaut wurde. In der Interpretation der Ergebnisse zeigen sich deutliche räumliche Konzentrationen von Risikobewertungen in peripheren Suburbanisierungsgebieten des ländlichen Raumes, aber auch in den vom demographischen Wandel bereits erfassten Regionen. Der Beitrag schließt mit denkbaren Handlungsstrategien für die kommunale Planung zum Umgang mit diesem Gebäudebestand, und diskutiert die Herausforderungen, die der demographische Wandel für die Stadtentwicklung und den Stadtumbau mit sich bringt.

Der Autor hat für diesen Beitrag die räumlichen Analysen durchgeführt, die Indikatorenauswahl und -berechnungen vorgenommen und die entsprechenden Textteile verfasst. Die einleitende Problembeschreibung und Handlungsempfehlungen wurden maßgeblich von den Mitautoren vorgenommen, die Textteile wurden vom Autor für die englische Fassung redigiert.

#### Weiterführende Literatur des Autors zum Thema

FINA, S., PLANINSEK, S. & ZAKRZEWSKI, P. 2012. *Germany's Post-War Suburbs: Perspectives of the Ageing Housing Stock*. In: GANSER, R. & PIRLO, R. (Hrsg.) *Parallel Patterns of Shrinking Cities and Urban Growth: Spatial Planning for Sustainable Development of City Regions and Rural Areas*. London: Ashgate.

### **3.5 Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme (*impact*)**

In Abbildung 10 wurden bereits die direkten Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme aufgezeigt, die sich vor allem auf die Beeinträchtigung von ökologisch wertvollen Habitaten und Habitatfunktionen, aber auch auf das Landschaftserleben beziehen. In Abbildung 19 werden diese Auswirkungen über die Phasen der Landschaftsfragmentierung verdeutlicht, die einen sukzessiven Verlust an Freiraum zur Folge hat und bis zur Auslöschung von darin befindlichen Habitaten reichen kann. Wichtig für die Bewertung der tatsächlichen Auswirkungen ist aber nicht nur die quantitative Erfassung des Freiraumverlustes, sondern vor allem die verloren gegangene Freiraumqualität. In diesem Zusammenhang sind geodaten-basierte Auswertungen hilfreich, die über Verschneidungen zwischen neu überbauter Fläche, vorheriger Landnutzung und fachplanerischen Gebietskategorien relevante Informationen liefern. Abbildung 20 zeigt einen Ansatz, der für die Flächeninanspruchnahme zwischen 1990 und 2000 in den Ländern der Europäischen Union den prozentualen Verlust von hochwertigen landwirtschaftlichen Nutzflächen, Natura 2000-Habitaten und von Waldflächen wiedergibt. Deutschland ist in dieser Länderbilanz rot markiert und fällt vor allem durch einen relativ hohen Verlust hochwertiger landwirtschaftlicher Böden auf (1,3% im Beobachtungszeitraum). Diese Erkenntnis deckt sich mit der allgemeinen Einschätzung, dass der Freiraumschutz in Deutschland einen hohen Stellenwert genießt und kaum Waldflächen für die Flächeninanspruchnahme gerodet werden. Anders verhält es sich mit landwirtschaftlichen Nutzflächen. Hier wird, trotz grundsätzlicher Bodenschutzbestrebungen der entsprechenden Fachbehörden, bei hohem Siedlungsdruck und entsprechendem Bodenpreis tatsächlich wenig Rücksicht auf Bodenqualität genommen. Dazu kommt, dass sich dynamische Wachstumsregionen häufig in landwirtschaftlichen oder topographischen Gunstlagen finden und ihre Ausdehnung dann

zwangsläufig deren Landschaftsqualitäten beeinträchtigen (Hasse und Lathrop, 2003, Kuhn, 2012, Fina et al., eingereicht 2012).

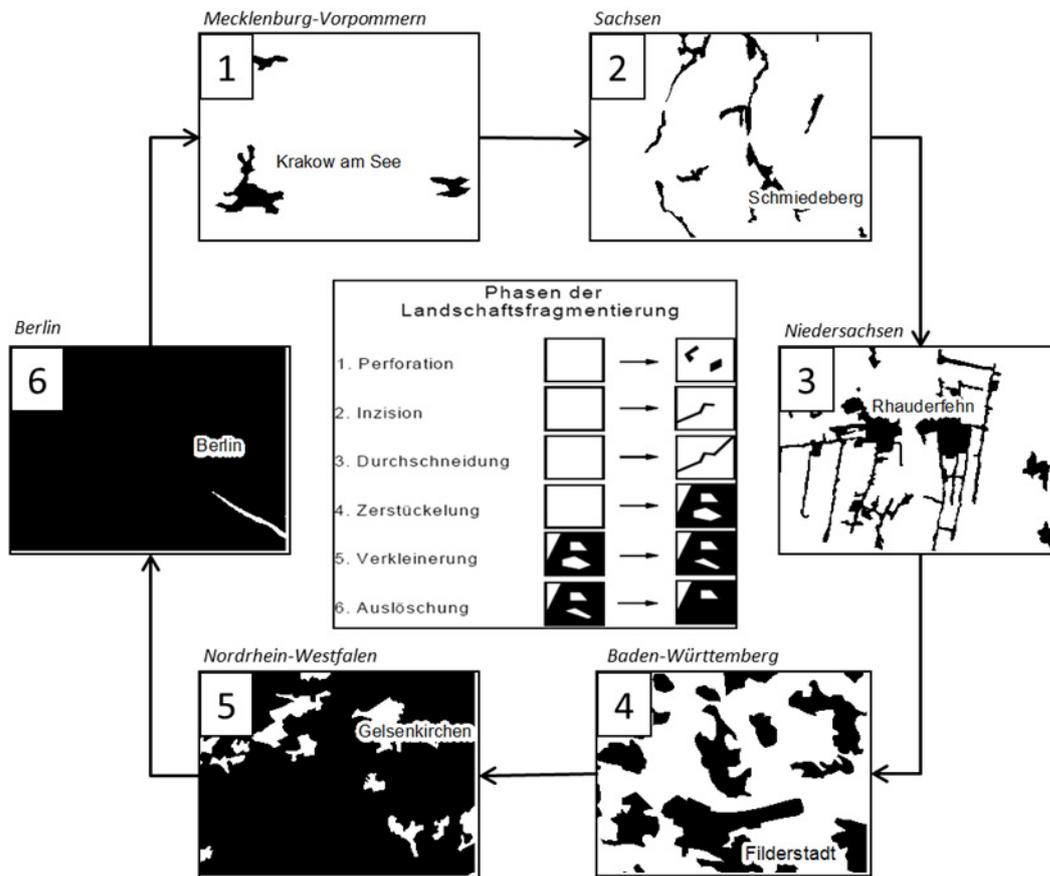


Abbildung 19: Phasen der Landschaftsfragmentierung (Quelle: ergänzt nach Esswein et al., 2002).

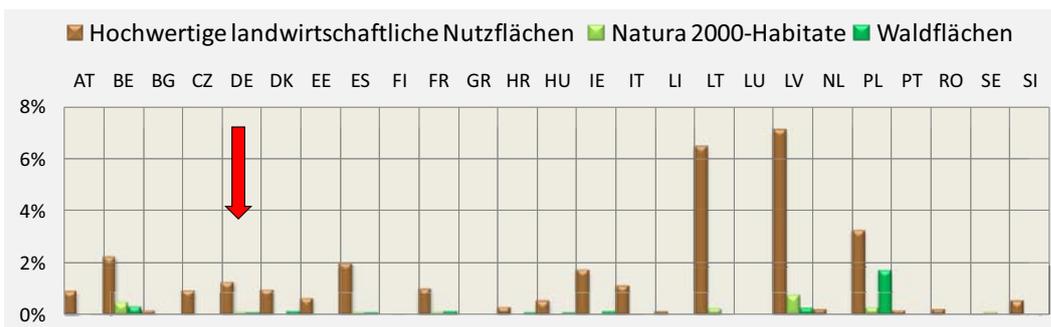
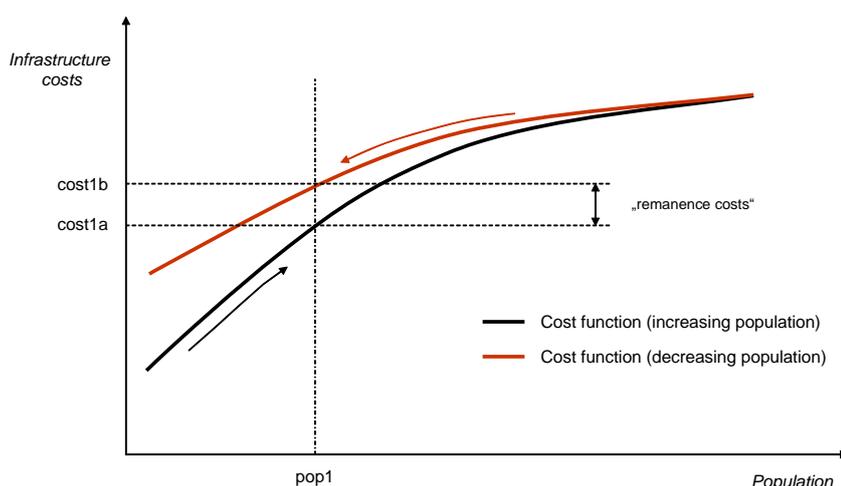


Abbildung 20: Verlustbilanz an landwirtschaftlich hochwertigen Böden, ökologisch sensiblen Flächen und Wäldern, in Prozent des Bestandes, 1990-2006 (Quelle: Fina, 2011a, S. 16).

Die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme gehen aber noch deutlich weiter und sind im Begriff der Landschaftszersiedelung schon semantisch angelegt: Entscheidende Habitatfunktio-

nen beruhen nämlich auf der Verfügbarkeit ungestörter, größerer Areale oder verbundener Biotope, die durch Siedlungstätigkeiten unterbrochen und belastet werden. Aus diesem Blickwinkel werden in der Indikatorenformulierung zur Landschaftszersiedelung häufig die Größe und der Abstand zur nächstgelegenen zerschneidenden Geometrie erfasst. Beispiele hierfür sind die *unzerschnittenen, verkehrsarmen Räume* des Bundesamtes für Naturschutz mit einer Mindestgröße von 93 km<sup>2</sup> (Reck et al., 2008), die *effektive Maschenweite* (Esswein et al., 2002; Jaeger, 2000), der *effektive Freiraumanteil* (Ackermann und Schweiger, 2008; Schweppe-Kraft, 2007) oder das *Roadless Volume* (Watts et al., 2007).

Insgesamt sind die Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme auf die Landschaftszersiedelung als sehr vielfältig und komplex zu bezeichnen. Neben einfachen Beziehungen wie der Landschaftsfragmentierung und dem dadurch bedingten Freiraumverlust sind hier komplizierte Wirkungsmuster im Bereich der Bewertung von Ressourceneffizienz von Siedlungsstrukturen angesprochen, die für ein umfassendes Monitoring methodisch derzeit kaum adäquat erfasst werden können. Im Zusammenhang mit den neueren Tendenzen der Siedlungsentwicklung sind auch wirtschaftliche Auswirkungen auf die kommunalen Haushalte anzusprechen, die z.B. bei Siedentop und Fina, 2010c erläutert werden. Die stetige Flächeninanspruchnahme im Außenbereich führt nämlich bei stagnierender oder rückläufiger Bevölkerungsentwicklung zu einer Entdichtung im Siedlungskern (siehe auch Abbildung 2) und damit zu einem wirtschaftlichen Remanenzeffekt in der Auslastung der Infrastruktur (siehe Abbildung 21).



**Abbildung 21: Kostenremanenz von Infrastruktur bei zunehmender und abnehmender Nutzerzahl (Quelle: Siedentop und Fina, 2010c, S. 94).**

Darüber hinaus ist die Nachnutzung der alternden Gebäudestruktur im Siedlungsbestand umso stärker gefährdet, umso mehr im Außenbereich investiert und der Innenbereich städtebaulich vernachlässigt wird. Die Konsequenzen sind auch sozialer Natur, wenn sich Leerstände ergeben und sich Versorgungseinrichtungen aus Rentabilitätsgründen zurückziehen. Betroffene Wohnquartiere erleben unter Umständen einen Abwärtsspirale aus Überalterung, Attraktivitätsverlust, und fehlenden Investitionen, was zumindest teilweise durch eine Steuerung der Flächeninanspruchnahme und Stärkung der Innenentwicklung eingeschränkt werden könnte (Fina et al., 2009).

Weitere Auswirkungen wirtschaftlicher und sozialer Art ergeben sich durch eine Form der Autoabhängigkeit, die als typische Voraussetzung für die Entstehung, aber auch als Auswirkung vor allem den *Urban Sprawl* US-amerikanischer Prägung charakterisiert. Dass dies auch für Deutschland eine wichtige Rolle spielt, zeigt eine Untersuchung in der Region Stuttgart (vgl. Siedentop et al., eingereicht 2012). Auf der Grundlage eines räumlichen Indikatorensets zur Erreichbarkeit von Nahversorgungseinrichtungen und der Verfügbarkeit von Nicht-motorisierten Verkehrsoptionen wird ein Index der Autoabhängigkeit entwickelt und implementiert. In den Ergebniskarten sind die besonders autoabhängigen Gebiete in der Region deutlich erkennbar, und sind damit in besonderem Maße den Risiken einer möglichen Treibstoffverknappung oder -verteuerung ausgesetzt (Oeltze und Bracher, 2006).

**Schlüsselpublikation des Autors zum Thema:**

**ANHANG B-7: FINA, S. 2011. Flächenverbrauch und Landschaftszersiedelung - Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich. In: MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.) Flächen-nutzungsmonitoring III. Dresden: Rhombos Verlag.**

Dieser Buchbeitrag beruht auf einer Einladung zu einer Präsentation von Forschungsergebnissen auf dem 3. Dresdener Flächennutzungssymposium im Mai 2011 und ist in der Reihe *IÖR-Schriften* in einer begutachteten und editierten Textfassung veröffentlicht worden. Der Inhalt beschäftigt sich mit Trendanalysen der Flächeninanspruchnahme, die auf Grundlage der 2010 veröffentlichten CORINE Land Cover-Daten der Europäischen Union mit Zeitstand 2006 durchgeführt wurden. Weiterführende Indikatoren (*Verlust an hochwertigen landwirtschaftlichen Böden, Verlust an Natura 2000-Flächen, effektiver Freiraumanteil, Versiegelungsgrad, Roadless Volume*) konnten unter Verwendung zusätzlicher Datenquellen berechnet werden (z.B. FTS Soil Sealing Layer, Natura 2000 Flächen, JRC Soil Database, OpenStreetMap, siehe Volltext im Anhang). Im Ergebnis wird festgestellt, dass Deutschland im Bereich der Flächeninanspruchnahme auch im Europavergleich eine kritische Entwicklung nimmt. Insbesondere der Verlust an landwirtschaftlichen Res-

sources and the loss of free space quality justify the need for action for the use of more efficient tax mechanisms in land use policy.

Weiterführende Literatur des Autors zum Thema

SIEDENTOP, S., ROOS, S. & FINA, S. submitted 2012. Ist die „Autoabhängigkeit“ städtischer Siedlungsgebiete messbar? Entwicklung und Anwendung eines Indikatorenkonzepts in der Region Stuttgart. Raumforschung und Raumordnung.

FINA, S., PILERI, P., SIEDENTOP, S. & MAGGI, M. eingereicht 2012. Strategies to reduce land consumption - a comparison between Italian and German city regions. Archivio Studi Urbani.

FINA, S. & SIEDENTOP, S. Year. The riddled city - where demographic change adds to the woes of urban sprawl. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V., ENGELKE, D. & ELISEI, P., (Hrsg.) REAL CORP 009, 2009 Barcelona. CORP - Ceit Alanova, S. 507-517.

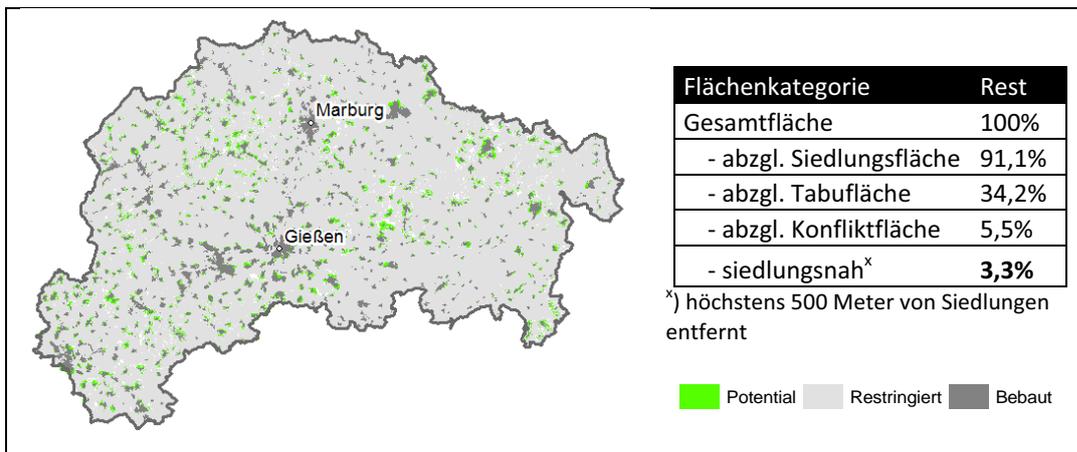
### **3.6 Steuerung der Flächeninanspruchnahme (response)**

The location of settlement cores is seen from a historical perspective through topographic (economic and climatic advantages, protective function) as well as cultural-historical aspects (inheritance regulations, building techniques, historical settlement forms) shaped. Successful locations have been implemented over the course of a century-long settlement genesis and are in the wake of younger urbanization phases in many cases at the limits of an ecologically, socially, but also infrastructurally sustainable growth (Borsdorf and Bender, 2010; Pacione, 2009). In the German context these limits in growth regions are mirrored among others by rising land prices and rents, by continuing suburbanization and increasing commuter traffic. Simultaneously, the high settlement pressure requires a stronger regulating regional planning, which is dedicated to the preservation of the quality of life through a democratically legitimized area- and free space protection. The result is the overplanning of the area with a large number of planning area designations of different authorities, which more or less effectively regulate settlement expansion (Einig, 2011).

A evaluation approach to check the effectiveness of the instruments used was e.g. in the research project „Designoptions und Implementation von Raumordnungsinstrumenten zur Flächenverbrauchsreduktion“ as a focus of the REFINA of the Federal Ministry of Education and Research. The methodology is based on a land use potential analysis, which is

räumliche Bewertung bebaubarer Flächen unter Berücksichtigung topographischer und planerischer Restriktionen zum Ergebnis hat, sowie einfacher städtebaulicher Kriterien (z.B. dass nur in unmittelbarer Nähe bestehender Siedlungskörper gebaut werden darf). Voraussetzung für die Durchführung der Analysen ist die Verfügbarkeit der sektoralen Fachdaten über Schutzgebiete und regionalplanerischen Gebietsfestlegungen (Vorrang-, Vorbehaltsgebiete) im Geodatenformat. Darüber hinaus werden Geobasisdaten benötigt (Topographie, Siedlungsbestand, Verkehrswege, etc.).

Die Ergebnisse stellen quasi die Grenzen der Flächeninanspruchnahme auf Basis der getroffenen Annahmen bezüglich der Wirksamkeit verschiedener Flächenschutzkategorien dar. Abbildung 22 zeigt beispielhaft für den Regierungsbezirk Mittelhessen diese Wachstumsgrenzen im Flächenabzugsverfahren der Baulandpotenzialanalyse. Durch eine Kategorisierung fachplanerischer Schutzgebiete nach Restriktionsschärfe („Freiraumschutz durch Negativplanung“) und von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten des Regionalplans werden zunächst konfliktfrei bebaubare Flächen im Freiraum ermittelt. Von den verbleibenden 5,5% der Gesamtfläche liegen letztendlich nur 3,3% in städtebaulich vertretbarer Siedlungsnähe (vgl. Fina und Siedentop, 2009b)<sup>12</sup>.



**Abbildung 22: Grenzen des Flächenverbrauchs im Regierungsbezirk Mittelhessen (Quelle: verändert nach Fina und Siedentop, 2009b).**

<sup>12</sup> Die Methodik wurde im genannten Projekt für den Regierungsbezirk Düsseldorf sowie die Regionen Hannover, Mittelhessen und Südwestthüringen durchgeführt. Eine Weiterentwicklung der Methodik mit verschiedenen Restriktionsstufen wird derzeit im BMBF-Projekt €LAN für die Großraum Hamburg und einen erweiterten Einzugsbereich umgesetzt.

Auch wenn sich in anderen Modellregionen höhere Flächenpotenziale nachweisen lassen (Regierungsbezirk Düsseldorf: 9,8; Region Hannover: 9,8) und die Flächenkategorisierung Gegenstand regional unterschiedlich ausgeprägter Abwägungsinteressen ist<sup>13</sup>, zeigen diese Analysen doch klar die Grenzen der Flächeninanspruchnahme auf. Stellt man beispielsweise die ermittelten Potenziale für Mittelhessen (= ca. 18728 Hektar) den regionalisierten Ergebnissen anerkannter Flächenverbrauchsprognosen gegenüber (z.B. PANTHA REI REGIO<sup>14</sup>, vgl. Distelkamp et al., 2008), ergibt sich eine absolute Erschöpfung des Baulandpotenzials schon um das Jahr 2085<sup>15</sup>.

Bezüglich der Flächeninanspruchnahme lassen sich mit diesem Ansatz auf methodisch relativ einfache Weise die Grenzen des Wachstums errechnen. Kritische, d.h. mit Unsicherheit behaftete Einflussvariablen, sind die Bewertungen zur Wirksamkeit des Freiraumschutzes, der von Region zu Region sehr verschieden gehandhabt wird (Fina und Siedentop, 2011b), sowie die Daten zur Prognose der Flächeninanspruchnahme. Letztere dürfen jedoch auf Basis der eingesetzten Prognostik-Methoden und unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen als plausibel betrachtet werden. Schwieriger bzw. nahezu unmöglich dürfte es dagegen sein, eine Einschätzung darüber zu treffen, wie zersiedelt eine Landschaft oder ein Gebiet sein darf. Der Blickwinkel verschiebt sich hier zu einer Effizienzbetrachtung des Siedlungsbestandes nach den unter 3.2 genannten Dimensionen.

In der Steuerung der Flächenentwicklung gilt aktuell die Stärkung der Innenentwicklung gegenüber der Neuausweisung von Baugebieten im Außenbereich als vielversprechendstes Instrument zur weiteren Reduzierung der Flächeninanspruchnahme (siehe 2.14). Ihren Ausdruck finden diese Bestrebungen in neuen planungsrechtlichen Instrumente wie der Beschleunigung der Genehmigungsverfahren von Innenentwicklungsprojekten (§13a BauGB, vgl. Krautzberger und Stürer, 2007; Spannowsky, 2007). In einer Studie zu diesem Thema, an der der Autor im Bereich der GIS-Analysen beteiligt war, wurden Beispiele für den Einsatz dieses Verfahrens in Baden-

---

<sup>13</sup> so wurden z.B. in Düsseldorf und Hannover landwirtschaftliche Vorsorgeflächen als grundsätzlich bebaubar eingestuft, während die Regionalpläne in Mittelhessen diese als stark restringiert interpretieren (vgl. Fina und Siedentop, 2009b, S. 15f.)

<sup>14</sup> PANTHA REI REGIO: explizite bottom-up Modellierung der Flächeninanspruchnahme mit dem umweltökonomischen Modell PANTHA REI auf Ebene der 439 Landkreise (vgl. Distelkamp et al., 2008, S.1).

<sup>15</sup> Unter der Annahme, dass die in PANTHA REI REGIO bis für den Zeithorizont 2020 prognostizierten täglichen mittleren Flächeninanspruchnahmen konstant bleiben.

Württemberg bewertet und damit die Wirksamkeit des Instruments untersucht (Siedentop et al., 2010). Dabei wurde festgestellt, dass die untersuchten Projekte in der Mehrzahl auch ohne die Gesetzesänderung genehmigungsfähig gewesen wären, zeitlich aber durchaus von der Befreiung von der Umweltprüfung profitiert haben. In diesem Sinne wird zwar keine Stärkung, aber eine Effektivierung des Planungsrechts im Hinblick auf die Innenentwicklung festgestellt (vgl. Siedentop et al., 2010, S. 62).

Eine schwieriger durchsetzbare, aber deutlich wirksamere Steuerungskraft wird von der möglichen Einführung „*Handelbarer Flächenkontingente oder Flächenausweisungszertifikate*“ erwartet, die durch die Zuteilung von „gedeckelten“ Baulandkontingenten im Außenbereich den Kommunen eine Obergrenze für die Flächeninanspruchnahme setzen. Durch den Handel mit Flächenzertifikaten soll ein marktwirtschaftlicher Ausgleich zwischen regional unterschiedlich ausgeprägten Bedarfsniveaus nach Flächen erreicht werden (vgl. Bizer et al., 2011; Henger und Bizer, 2010; Ostertag et al., 2010; Henger und Thomä, 2009; Henger und Schröter-Schlaack, 2008). Unterstützt werden diese Initiativen unter anderem durch groß angelegte Verbundforschungsprojekte zum Thema Reduzierung der Flächeninanspruchnahme (BMBF-Forschungsprojekt REFINA, vgl. Bock et al., 2011; Preuß und Floeting, 2010; Frerichs et al., 2009), an dem der Autor im Rahmen des Projektes „*Designoptionen und Implementation von Raumordnungsinstrumenten zur Flächenverbrauchsreduktion*“ beteiligt war (siehe auch Abschnitt 3.3).

Neben dem Einsatz und der Entwicklung von neuen Steuerungsinstrumenten kommt der Bereitstellung von Informationen für ein regionales Flächenmanagement besondere Bedeutung zu, unter dem „...*allgemein die Kombination von hoheitlichen und konsensualen Instrumenten zur Realisierung einer ressourcenschonenden und bedarfsgerechten Bodennutzung verstanden*“ wird (Löhr und Wiechmann, 2005, S. 317).

Wie die bisherigen Erkenntnisse verdeutlichen, hängt der Erfolg städtebaulicher Entwicklungsstrategien nämlich zunehmend von der effizienten Nutzung des baulichen Bestandes in einer Art Flächenkreislauf ab, der flexibel auf veränderte Bedingungen wie Leerstand, Brache und Neunutzung von Wohn- und Wirtschaftsflächen reagieren kann. In diesem Zusammenhang sind in REFINA in den vergangenen Jahren praxisorientierte Werkzeuge entstanden, die unter anderem wichtige Aufgaben für das Flächennutzungsmonitoring übernehmen, indem sie über halbautomatisierte Verfahren, Ortsbegehungen und Eigentümeransprachen aktivierbare Innenentwicklungspotenziale identifizieren und damit eine entscheidende Lücke in den Datengrundlagen füllen (Kauertz et al., 2008, Müller-Herbers und Molder, 2007, Bock et al., 2011; Frerichs et al., 2009).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Steuerung der Flächeninanspruchnahme zu einem bedeutenden Thema geworden ist, das auf allen planungsrelevanten Ebenen wahrgenommen wird. Gleichzeitig wird nach wie vor ein Wahrnehmungsdefizit der Problematik bei den politischen Entscheidungsträgern konstatiert, die mit angebotsorientierter, kurzfristig gewinnmaximierender Baulandpolitik dem Flächenverbrauch Vorschub leisten und dabei vielfach die langfristigen Kosten ignorieren (vgl. Siedentop et al., 2009; Gutsche et al., 2007; Gutsche und Stoul, 2006). Damit kommt auch der Informationsgewinnung und -kommunikation eine entscheidende Rolle zu. Erst über die Schärfung des Problembewusstseins werden nämlich gezielte Steuerungsmechanismen gesellschaftlich tragfähig, auch wenn damit Einschränkungen einhergehen sollten. Eine Einschätzung, dass dies aktuell noch nicht der Fall ist, zeigt folgendes Zitat:

*„In vielen Städten wird heute bereits ein Flächenmanagement praktiziert, das allerdings zumeist unter Federführung der Wirtschaftsförderungseinheiten steht. Aus der Sicht der Bodenschutzpolitik wäre darauf zu achten, die Flächenmanagementaktivitäten stets den Flächensparzielen dienstbar zu machen.“* (Köck et al., 2007, S.6).

**Schlüsselpublikation des Autors zum Thema:**

***ANHANG B-8: FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2009. Steuerung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung mit negativplanerischen Instrumenten - Analyse und Bewertung des Instrumenteneinsatzes in vier Modellregionen. Land Use Economics and Planning - Discussion Paper Series No. 09-10. Göttingen: Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung der Georg-August-Universität Göttingen.***

Dieser Beitrag fasst Forschungsergebnisse zusammen, die im Zuge der Mitarbeit der Autoren an dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiierten Förderschwerpunkt REFINA („Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement“) innerhalb des Projektes „Designoptionen und Implementation von Raumordnungsinstrumenten“ (DoRiF) produziert wurden (siehe auch Abschnitt 3.6 für weitere Informationen zu REFINA). Für die Einführung von handelbaren Flächenzertifikaten als Steuerungsinstrument für die Flächeninanspruchnahme sollte in vier Modellregionen untersucht werden, welche Baulandpotenziale im Außenbereich überhaupt noch existieren und für den Flächenhandel zur Verfügung stehen würden. Hierfür wurden in vier Modellregionen (Regierungsbezirk Düsseldorf, Regionen Hannover, Mittelhessen und Südwestthüringen) planerische Gebietsfestlegungen im Geodatenformat gesammelt, bezüglich ihrer Restriktionswirkung bewertet, und durch topographische Restriktionen (z.B. Hangneigung) ergänzt (siehe Haupttext). In Workshops in den Regionen wurden diese Bewertungen mit Experteninput verifiziert und im

Flächenabzugsverfahren der Baulandpotenzialanalyse umgesetzt. Dabei kommen auch generalisierte Eignungskriterien zum Tragen, die städtebauliche Vorgaben für die Flächeninanspruchnahme berücksichtigen. Im Ergebnis entstehen räumlich differenzierte und kartographisch aufbereitete Einschätzungen zur Verfügbarkeit von Bauland im Außenbereich. Bei Gegenüberstellung dieser Potentiale mit den aktuellen Trends der Flächeninanspruchnahme sind die Grenzen für das „Bauen auf der grünen Wiese“ deutlich erkennbar.

Der Autor hat für diesen Beitrag hauptverantwortlich die Geodaten gesammelt und ausgewertet, sowie aktiv in den Workshops die Bewertungen der Restriktivität von Flächenschutzkategorien mit den Experten vor Ort diskutiert. Die Baulandpotenzialanalyse wurde vom Autor durchgeführt und die entsprechenden Textteile dazu mitverfasst. Die Interpretation der Steuerungswirkung von Instrumenten der Regional- und Fachplanungen oblag in der Hauptsache dem Mitautor.

#### Weiterführende Literatur des Autors zum Thema

*FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2011. Analyse der Wirksamkeit freiraumschutzorientierter Instrumente im Außenbereich. In: BOCK, S., HINZEN, A. & LIBBE, J. (Hrsg.) Nachhaltiges Flächenmanagement - Ein Handbuch für die Praxis. Ergebnisse aus der REFINA-Forschung. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.*

*FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2011. Beurteilung der Wirksamkeit des regionalen Freiraumschutzinstrumentariums mit Hilfe der Baulandpotenzialanalyse. In: BIZER, K., EINIG, K., KÖCK, W. & SIEDENTOP, S. (Hrsg.) Raumordnungsinstrumente zur Flächenverbrauchsreduktion: Handelbare Flächenausweisungsrechte in der räumlichen Planung. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.*

*SIEDENTOP, S., KRAUSE-JUNK, K., JUNESCH, R. & FINA, S. 2010. Nachhaltige Innenentwicklung durch beschleunigte Planung? Analyse der Anwendung von § 13a BauGB in baden-württembergischen Kommunen – Abschlussbericht BWplus BWR28002. Stuttgart: Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung der Universität Stuttgart.*

## 4 Diskussion der Ergebnisse

### 4.1 Beitrag zum Flächennutzungsmonitoring

Wie oben erwähnt besteht der Hauptbeitrag dieser Arbeit in der Indikatorenentwicklung für das Flächennutzungsmonitoring, eingebettet in ein konzeptionelles Messkonzept zur Quantifizierung von Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung. Die im vorherigen Kapitel beschriebenen Einzelbeiträge enthalten Forschungsergebnisse, die sich thematisch ergänzen und im Rahmen des DPSIR-Modells inhaltlich verknüpft sind. Tabelle 1 enthält eine Übersicht der Indikatoren, die in den Publikationen entwickelt, weiterentwickelt oder mit neuen Datengrundlagen umgesetzt wurden. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere Indikatoren getestet, die aber letztlich aufgrund verschiedener Schwächen nicht verwendet wurden.

DPSIR	Indikatoren	Beiträge
State	Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche Normalized land consumption Versiegelungsgrad Vegetationsanteil Überbauungsgrad Siedlungsdichte Gini-Index Effektiver Freiraumanteil Roadless Volume Dispersion Index Functional Triangle Baulandpotential im Außenbereich Openness Index Mean Shape Index	Fina, eingereicht 2012; Siedentop et al., eingereicht 2012; Siedentop und Fina, 2012; Fina, 2011a; Siedentop und Fina, 2010b; Fina, 2009; Fina und Siedentop, 2008b; Fina und Siedentop, 2008a
Pressure	Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsfläche Greenfield Development Index Veränderung der Siedlungsdichte	Siedentop und Fina, 2010b; Siedentop und Fina, 2010c; Fina, 2009; Fina und Siedentop, 2009a
Drivers	Bevölkerungsentwicklung Wirtschaftsentwicklung Wanderungsbilanz Altenquotient (demographischer Wandel)	Fina et al., 2012; Fina et al., 2009; Fina und Siedentop, 2009a
Impact	Verlust an natürlichen Habitaten Verlust an hochwertigen Böden Autoabhängigkeit Entwicklung des effektiven Freiraumanteils Entdichtung durch <i>Shrinkage Sprawl</i>	Fina, 2011a; Siedentop und Fina, 2010c; Siedentop et al., 2010
Response	Flächenschutz, Freiraumschutz	Fina und Siedentop, 2011a; Fina und Siedentop, 2011b; Siedentop et al., 2010

**Tabelle 2: Übersicht über die eingesetzten Indikatoren (eigene Darstellung).**

Eine klar zu benennende Lücke ist die fehlende quantitative Verknüpfung von Indikatorergebnissen. Bislang fehlt das methodische Gerüst, um systematisch die Wechselbeziehungen zwischen den Triebkräften, den Belastungen, den Steuerungsversuchen und Auswirkungen der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung und dem resultierenden Zustand der Flächennutzung zu analysieren. Es darf auch bezweifelt werden, ob dieser Anspruch realistisch ist. Zum einen bedeutet die Verdichtung komplexer Informationen in Indikatoren immer eine Generalisierung, die eine Weiterverarbeitung der Ergebnisse ohne qualitative Interpretation problematisch macht. Zum anderen gelten Indikатораusrprägungen häufig nur für den Bezugs- und Zeitraum, für den die zugrunde liegenden Daten Gültigkeit besitzen. Eine Verknüpfung mit anderen Ergebnissen würde räumliche und zeitliche Datenkonsistenz voraussetzen, die in der Praxis häufig nicht gegeben ist.

Ein weiterer Beitrag dieser Arbeit ist die umfassende Erschließung und Inwertsetzung von Datenquellen für das Flächennutzungsmonitoring. Im Zuge der Indikatorenentwicklung wurden zahlreich Quellen auf ihre Eignung für die Raumbesichtigung getestet. Tabelle 2 zeigt die Zuordnung dabei identifizierter Datenoptionen zu den Aufgaben und Zielsetzungen der Planungsbehörden. Dabei werden die Anforderungen an das Flächennutzungsmonitoring in die Raumbezugsebenen gegliedert, die im Abschnitt 2.3 (Forschungsbedarf) als informatorisch zu unterstützen genannt wurden.

<b>Raumbezugsebene</b>	<b>Aufgaben und Zielsetzungen</b>	<b>(Geo-) Datenquellen</b>
Überregionales Flächennutzungsmonitoring	Indikatoren zu Zustand und Veränderung von Siedlungs- und Verkehrsfläche. Monitoring von Triebkräften der Zersiedelung und ökologischer Belastbarkeit der Raumstruktur.	Statistische Daten mit Raumbezug vom Bund bis zur Gemeindeebene, zeitlich vergleichbar darstellbar seit ca. Mitte der 1990er Jahre. CORINE Land Cover. Geobasisdaten (ATKIS)
Regionen	Regionale Steuerung der Flächenentwicklung (Ausweisung von Vorrang- und Vorsorgegebieten, Monitoring der Siedlungsentwicklung) - Negativplanung: ökologische Schutzflächen - Positivplanung: Standortanalysen	Statistische Daten mit Raumbezug Sektorale Fachdaten der Fachplanungsbehörden (Schutzgebiete) Daten aus Plänen und Programmen der Raumordnung (Vorrang-, Vorbehaltsgebiete) Daten zur Infrastruktur Geobasisdaten der Landesvermessung (ATKIS)
Kommunen	Flächennutzungsplanung Kommunales Flächenmanagement (Flächenrecycling, Flächenkreislauf)	Amtliche Geobasisdaten, v.a. ALK/ALKIS Baublockstatistiken Haushaltsdaten

**Tabelle 3: Differenzierung der Aufgabenbereiche im Flächennutzungsmonitoring und daraus resultierende Datenanforderungen (Quelle: Fina, 2011b, S. 2).**

## 4.2 Weiterer Forschungsbedarf

Neben den oben benannten konzeptionellen Defiziten für die Abbildung der Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten im DPSIR-Modell sind weitere Forschungsaktivitäten im Bereich der Indikatorenentwicklung erforderlich. Tabelle 3 zeigt für die im „*Nachhaltigkeitsbarometer Fläche*“ genannten Zielsysteme (siehe Abschnitt 2.2.3) repräsentative Indikatorkandidaten, die im Zuge einer Gutachtertätigkeit für das Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen vorgeschlagen und mit Experten diskutiert wurden<sup>16</sup>. In Rot sind Kern- oder Leitindikatoren abgebildet, die die Raumb Beobachtung für das entsprechende Zielkonzept dringend benötigt. Schwarz dargestellt sind Ergänzungsindikatoren, die über zusätzliche Aspekte der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung informieren. Mit (\*) versehene Messgrößen sind mit derzeitigen Datengrundlagen und Analysemethoden nur eingeschränkt umsetzbar. Hier müssten zukünftige Forschungsaktivitäten vordringlich ansetzen, um bestehende Flächeninformationssysteme zu ergänzen.

Ziel	Beschreibung	Indikatoren
Reduktionsziele	Quantitative Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und/oder Bodenversiegelung bzw. deren Zuwachsraten – unabhängig von Flächenqualität	R1 (Veränderung) Siedlungs- und Verkehrsfläche R2 (Veränderung) Gebäude- und Freifläche (Wohnen) R3 (Veränderung) Bodenversiegelung*
Erhaltungs- und Schutzziele	Schutz von Flächen mit spezifischen Umweltfunktionen bzw. Schutzgütern oder speziellen Ausprägungen	E1 Flächeninanspruchnahme in schutzwürdigen Bereichen (Naturschutz, Wasserschutz, Klima- und Bodenschutz) E2 (Veränderung) Erholungsfläche pro Einwohner E3 (Veränderung) Effektive Maschenweite des Freiraums
Nutzungsstrukturelle Ziele	Aussagen über den räumlichen Zusammenhang von Flächennutzung und Flächeninanspruchnahme	S1 Integration neuer Siedlungsfläche in den bestehenden Siedlungsverbund* S2 (Veränderung) Effektiver Freiraumanteil S3 (Veränderung der) Aufwandsgewichtete Siedlungsfläche*
Nutzungseffizienzziele	Maximierung des ökonomischen und sozialen Nutzens bei Minimierung des Flächeneinsatzes (z.B. Flächenproduktivität)	N1 (Veränderung) Siedlungsdichte N2 Nutzungsintensität neuer Gebäude- und Freifläche N3 Verhältnis Innen- zur Außenentwicklung* N4 Recycling von Brachflächen* N5 Integration neuer Siedlungsfläche in den ÖPNV-Einzugsbereich*

**Tabelle 4: Ausgewählte Indikatoren für die Bewertung der Flächeninanspruchnahme (Quelle: verändert nach Siedentop und Fina, 2010a, S. 12).**

<sup>16</sup> Workshop am Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen in Düsseldorf mit Vertretern des Ministerium, aus der Regionalplanung und aus der Forschung, 28. Juni 2010

Darüber hinaus wird die Datenbereitstellung im Zuge der rasanten Entwicklung in der Informationstechnologie nicht einfacher. Im Gegenteil, die Möglichkeiten zur technischen Vernetzung von Datenquellen zur Generierung neuer Informationen bringen zahlreiche Risiken mit sich. Die zukünftige Forschung wird sich immer wieder aufs Neue mit der zeitlichen und räumlichen Vergleichbarkeit von Datenquellen beschäftigen müssen. Neue, vielversprechende Datensätze wie Laserscanning-Daten erhöhen zwar die analytischen Möglichkeiten und sind durch die Abbildung der dritten Dimension vielversprechend und sicherlich nutzbringend, damit steigt aber auch die Komplexität im Datenmanagement und an die Systeme, ebenso in den Qualifikationsanforderungen des Fachpersonals, das vielfältige anspruchsvolle Technologien beherrschen muss. Während leistungsfähige Verwaltungsapparate in größeren Städten derartige Informationen in Planungsinformationssystemen vielleicht noch einpflegen können, sind die organisatorischen Strukturen in vielen kleineren Kommunen dafür nicht hinreichend ausgebildet. Als Konsequenz sind im bundesdeutschen Vergleich stark unterschiedlich entwickelte Informationsbasen für ein Flächenmanagement zu beobachten. Neben dem wissenschaftlichen Forschungsbedarf sind aus diesem Blickwinkel Instrumente zu entwickeln, die eine Vereinfachung und Reduktion der Informationsbereitstellung zum Ziel haben, auf die Kommunizierbarkeit der Komplexität im Flächennutzungsmonitoring Wert legen, und pragmatische Lösungen für die Planungspraxis anbieten.

### **4.3 Perspektiven für den praktischen Nutzen**

Wie eingangs erwähnt sind die Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung Problemkomplexe, die sich einer nachhaltigen Entwicklung bislang weitestgehend entziehen. Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Informationsinstrumenten, die durch mehr Transparenz über den Zustand der Flächennutzung und der Wirkkomplexe ein besseres Verständnis der Problematik und ihrer zugrunde liegenden Komplexität anstrebt. Gleichzeitig bleibt dieser Ansatz jedoch wirkungslos, wenn die Wahrnehmungskapazität von Entscheidungsträgern falsch eingeschätzt oder ihre institutionell vorgegebenen Abwägungsprioritäten ignoriert werden. In diesem Zusammenhang wird in der Debatte um die Flächeninanspruchnahme häufig das Phänomen der „*Tyranei der kleinen Entscheidungen*“ zitiert, das der Ökonom A.E. Kahn 1966 beschrieb als „Einzelentscheidungen, die im Hinblick auf ihre Größe, zeitliche Perspektive und im Vergleich zu ihrem kumulati-

ven Effekt zu einer suboptimalen Ressourcenauslastung führen...“<sup>17</sup>. Diese Diskrepanz beruht laut Kahn auf der Verleugnung von externen Kosten und Nutzen von Konsument oder Markt durch das Weglassen relevanter Informationen und Alternativen. Auf dieser Grundlage werden individuelle Entscheidungen im Sinne einer Nutzenmaximierung getroffen, die die Verbraucherpräferenzen beeinflussen und den Kontext von Folgeentscheidungen so mitprägen, dass wünschenswerte alternative Entwicklungspfade kumulativ und unwiderruflich zerstört werden können. Für die Flächeninanspruchnahme kann dies so interpretiert werden, dass die Summe der Auswirkungen von einzelnen Flächeninanspruchnahmen nur auf einer höheren Beobachtungsebene zu verstehen sind (z.B. Landschaftszerschneidung, Verkehrserschließung, Freiraumschutz). Bezogen auf Baulandausweisungen können damit z.B. Schutzfunktionen, Landschaftsattraktivität oder touristisches Potential im Freiraum gemeint sein, die durch einzelne Eingriffe kaum belastet werden, in der Summe sukzessiver Einzelentscheidungen zugunsten von Bauvorhaben aber eine kaum merkbare Degradation oder ein plötzliches „Umkippen“ dieser Werte bewirken (vgl. Siedentop und Kausch, 2004).

Warum aber werden die relevanten Informationen nicht zur Verfügung gestellt und Entwicklungspfade, die gemeinschaftlichen Interessen und Zielsetzungen entgegen stehen (z.B. Freiraumschutz), nicht wirksam kontrolliert? Verzerrende Datengrundlagen oder das fehlende Wissen um den Wert des Freiraums mögen eine Rolle spielen, reichen hierfür als Erklärung aber sicher nicht aus. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass gemeinschaftliche Kosten in der individuellen Nutzenmaximierung ein vielfach unbemerkter oder auf Seiten von Profiteuren auch wissentlich ausgeblendeter Bilanzierungsposten sind. Ähnliche Verhaltensmuster wurden bereits 1833 von dem Sozialwissenschaftler W.F. Loyd als „Allmendeträgik“ („*Tragedy of the Commons*“) beschrieben. Während Loyd damit am Beispiel der Nutzung gemeinsamer Dorfflächen als Schafweiden erklärte, warum gemeinschaftliche Nutzungsmuster unter der Prämisse der individuellen Nutzenmaximierung scheitern, bezog der Ökologe Garrett Hardin das Denkmodell auf den allgemeinen Ressourcenverbrauch. Demnach funktioniert die Nutzenmaximierung nur bei unendlicher Ressourcenverfügbarkeit. Sind die Grenzen des Wachstums sichtbar, und stehen dem Handeln des homo oeconomicus keine gruppenübergreifenden Verantwortlichkeiten oder

---

<sup>17</sup> <http://opus1journal.org/articles/article.asp?docID=140>, zuletzt besucht am 4. September 2012.

die Befürchtung von Repressalien im Wege, kommt es zu einer Art „wer zuerst kommt, mahlt zuerst“, ohne Rücksicht auf den Mehrwert, der durch die Beachtung von Regenerationsspannen oder gemeinschaftlichen Effizienzsteigerungen bei Abbau und Verbrauch erreicht werden könnte (Hardin, 1998). Feeny et al., 1990 schlagen den Bogen zu den institutionellen Wettbewerbsbedingungen und Performance-Maßstäben, die in modernen westlichen Staaten die Allmendetragik zu einem aktuellen Problem machen: Bezogen auf die Baulandpolitik und die Konkurrenz vieler Kommunen bzgl. der Entwicklungsrisiken, die vom demographischen Wandel und drohender Schrumpfung ausgehen, zeigen sich nämlich Verhaltensparallelen zum Umgang mit der Ressource „Fläche“. Bauland dient als Anreiz für den Verbleib und Zuzug von Menschen und Unternehmen, eine Strategie, die sich in Wachstumszeiten im Wettbewerb der Standorte als Erfolgsgarant für eine erfolgreiche Zukunft bewährt hat. In Zeiten abnehmender Bevölkerungszahlen, ungesicherter Mobilitätsoptionen aufgrund von Verpflichtungen gegenüber den Ressourcen und dem Klimaschutz sind diese Strategien allerdings zu hinterfragen, und die Auswirkungen irreversibler Flächeninanspruchnahmen zu vermeiden (vgl. Siedentop et al., 2009; Banse und Effenberger, 2006; Weidner, 2005).

## 5 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden einleitend der Problemkomplex der Flächeninanspruchnahme und der Landschaftszersiedelung auf der Grundlage von lexikalischen Definitionen und einer umfassenden internationalen Literaturrecherche zum Thema beschrieben. Aus den Erkenntnissen werden Aufgaben und Zielsetzungen für die Raumbewertung erkennbar, für die derzeit nur lückenhafte Monitoringinstrumente existieren. Neben fehlender Datengrundlagen sind auch methodische Probleme in der Inwertsetzung bestehender Datenbestände feststellbar. Konzepte zur Abbildung der Flächeninanspruchnahmen und Landschaftszersiedelung basieren in der Mehrheit auf multikriteriellen Indikatorensystemen. Deren konsequente Anwendung ist bislang aber höchstens teilweise in der Anwendung einzelner Indikatoren für verschiedene Aspekte der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung in begrenzten Untersuchungsräumen gelungen. Eine überzeugende systematische Verknüpfung der Einzelindikatoren zur Abbildung der Wechselbeziehungen zwischen Triebkräften, Belastungen, Auswirkungen und Steuerung der Flächeninanspruchnahme und deren Konsequenz für den Zustand der Flächennutzung steht bislang aus.

Der Hauptteil greift diese Problematik auf, ohne den Anspruch zu erheben, eine umfassende Lösung anbieten zu können. Vielmehr wird der aktuelle Forschungsbedarf im Bereich der Weiterentwicklung von Indikatoren und Messkonzepten angesiedelt. In diesem Bereich werden Publikationen des Autors vorgestellt und anhand der konzeptionellen Beschreibung der Flächeninanspruchnahme und Landschaftszersiedelung auf Basis eines DPSIR-Modells in den Problemkomplex eingeordnet. Im Ergebnis entstehen Vorschläge für die Weiterentwicklung des Flächennutzungsmonitorings, das im Sinne eines Controllinginstrumentes zum einen die Flächensparziele aus der Flächenpolitik informatorisch unterstützt, zum anderen aber auch Aspekte der Landschaftszersiedelung in den Fokus des Flächenmanagements rückt.

Zusammenfassend wird auf der Grundlage dieser Erkenntnisse die Einschätzung getroffen, dass Einzelindikatoren bzw. durchdachte Aggregationen von multikriteriellen Indikatorensets im Flächennutzungsmonitoring dringend benötigt werden. Die vorliegende Arbeit stellt hierfür methodische Erkenntnisse und Implementierungen zur Verfügung, die mit dem derzeitigen Stand räumlicher Analysemethoden und verfügbarer Datengrundlagen praktikierbar sind. Die Grenzen liegen im Bereich der Weiterverarbeitung der Einzelindikatoren zu einem automatisierten, umfassenden Monitoringwerkzeug mit Controllingfunktion. Ein derartiges Werkzeug wird auf absehbare Zeit nicht verfügbar sein, methodische Umsetzungen sind mit den heute verfügbaren Werkzeugen und Instrumenten nur schwierig durchführbar, die Ergebnisse wären nicht belastbar. Vielmehr

bedarf es einer diskursiven Planungspraxis und verzerrungsfreien Wahrnehmung auf die Nachhaltigkeitsdefizite in der aktuellen Flächennutzung, die sich durch quantitative Informationsinstrumente umfassend beraten lässt, sich in ihrer Entscheidungskultur aber sicherlich nicht allein auf deren Ergebnisse stützt.

## Literaturverzeichnis

- ACKERMANN, W. & SCHWEIGER, M. 2008. F+E-Vorhaben Indikatoren für die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt - Bericht zur PAG „Zersiedelungsindikator“. München: PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH.
- ALLAN, J. & MALLAT, C. (Hrsg.) 1995 *Water in the Middle East: legal, political and commercial implications*, London: Tauris Academic Studies.
- ANTHONY, J. 2004. Do state growth management regulations reduce sprawl? *Urban Affairs Review*, 39, S. 376-397.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND. 2008. Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok): Hauptdokument, Version 6.0. Verfügbar unter: <http://www.adv-online.de/icc/extdeu/broker.jsp?uMen=cc6706fe-9792-9101-e1f3-351ec0023010> [Zuletzt besucht am 7. Februar 2013].
- ARRIBAS-BEL, D., NIJKAMP, P. & SCHOLTEN, H. 2010. Multidimensional urban sprawl in Europe: A self-organizing map approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 35 (4), S. 263–275.
- BAIER, H., ERDMANN, F., HOLZ, R. & A., W. (Hrsg.) 2006. *Freiraum und Naturschutz - Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft*, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- BANSE, J. & EFFENBERGER, K.-H. 2006. *Deutschland 2050 - Auswirkungen des demographischen Wandels auf den Wohnungsbestand*, IÖR-Texte Nr. 152. Dresden.
- BASTIAN, O. & SCHREIBER, K.-F. (Hrsg.) 1999. *Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft* Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- BATTY, M. 2005. *Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals*, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- BATTY, M., BESUSSI, E. & CHIN, N. 2003. Traffic, Urban Growth and Suburban Sprawl. *UCL Centre for Advanced Spatial Analysis Working Paper Series* [Online], Paper 70. Verfügbar unter: <http://discovery.ucl.ac.uk/216/1/paper70.pdf> [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- BATTY, M. & LONGLEY, P. 1995. *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function*, London: Academic Press.
- BIZER, K., EINIG, K., KÖCK, W. & SIEDENTOP, S. 2011. *Raumordnungsinstrumente zur Flächenverbrauchsreduktion: Handelbare Flächenausweisungsrechte in der räumlichen Planung*, Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.
- BLASCHKE, T. & LANG, S. 2007. *Landschaftsanalyse mit GIS*, Stuttgart: Ulmer Verlag.
- BLEICHER, R. 2004. Begrenzung der Flächeninanspruchnahme - aber mit Augenmaß. *Der Landkreis. Zeitschrift für kommunale Selbstverwaltung*, 74, S. 604-606.

- BOCK, S., HINZEN, A. & LIBBE, J. (Hrsg.) 2011. *Nachhaltiges Flächenmanagement – Ein Handbuch für die Praxis. Ergebnisse aus der REFINA-Forschung*, Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik GmbH (Difu).
- BORSODORF, A. & BENDER, O. 2010. *Allgemeine Siedlungsgeographie*, Wien, Köln, Weimar: Böhlau Verlag.
- BOSSSEL, H. 1999. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. Verfügbar unter: <http://www.ulb.ac.be/ceese/STAFF/Tom/bossel.pdf> [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- BREUSTE, J. 1994. Flächennutzung als stadtökologische Steuergröße und Indikator. In: WITTIG, R. & FRÜND, H.-C. (Hrsg.) *Stadtökologie: Versuch einer Standortbestimmung*. Osnabrück: Gesellschaft für Ökologie, S. 67-82.
- BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG 2005. *Raumordnungsbericht 2005*, Band 21. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG 2012. *Trends der Siedlungsflächenentwicklung*, BBSR-Analysen KOMPAKT. 09/2012. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT. 2007. Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. *Reihe Umweltpolitik* [Online]. Verfügbar unter: [http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/monitoring/biolog\\_vielfalt\\_strategie\\_nov07.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/monitoring/biolog_vielfalt_strategie_nov07.pdf) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- BUNDESREGIERUNG. 2012. Nationale Nachhaltigkeitsstrategie - Fortschrittsbericht 2012. *Nachhaltigkeitsstrategie für Deutschland* [Online]. Verfügbar unter: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Publikation/Bestellservice/2012-05-08-fortschrittsbericht-2012.pdf?blob=publicationFile> [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- BURTON, E. 2002. Measuring urban compactness in UK towns and cities. *Environment and Planning B*, Vol. 29, S. 219-250.
- CALTHORPE, P. & FULTON, W. 2001. *The Regional City: Planning for the End Of Sprawl*, Washington, D.C.: Island Press.
- CHOUDHURY, K. & JANSEN, L. J. M. 1998. Terminology for Integrated Resources Planning and Management. Verfügbar unter: <http://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/landglos.pdf> [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- CORBURN, J. 2009. Cities, climate change and urban heat island mitigation: localising global environmental science. *Urban Studies*, 46, S. 413-427.
- COUCH, C., KOEONTIDOU, L. & PETSCHHEL-HELD, G. (Hrsg.) 2007. *Urban Sprawl in Europe - Landscapes, Land-Use Change & Policy*, Oxford: Blackwell Publishing.
- CRANE, R. & CHATMAN, D. G. 2003. As jobs sprawl, wither the commute? *Access* [Online], 23. Verfügbar unter: [http://www.ced.berkeley.edu/downloads/pubs/faculty/chatman\\_2003\\_jobs-sprawl-commute.pdf](http://www.ced.berkeley.edu/downloads/pubs/faculty/chatman_2003_jobs-sprawl-commute.pdf) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].

- DEGGAU, M. 2009. ATKIS, ALK(IS), Orthobild - Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings. In: SCHUMACHER, U. & MEINEL, G. (Hrsg.) *Flächennutzungsmonitoring: Konzepte, Indikatoren, Statistik*. Aachen: shaker Verlag, S. 3-15.
- DEMPSEY, N. & JENKS, M. 2010. The future of the compact city. *Built Environment*, 36, S. 116-121.
- DIELEMANN, F. & WEGENER, M. 2004. Compact city and urban sprawl. *Built Environment*, 30, S. 308-323.
- DISTELKAMP, M., C., L., P., U. & WOLTER, M.-I. 2008. *Entwicklung der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr bis 2020 - Ergebnisse des regionalisierten Modells PANTA RHEI REGIO*, gws Discussion Paper 2008/7. Osnabrück.
- DISTELKAMP, M., MOHR, K., SIEDENTOP, S. & ULRICH, P. 2011. *30-ha-Ziel realisiert – Konsequenzen des Szenarios Flächenverbrauchsreduktion auf 30 ha im Jahr 2020 für die Siedlungsentwicklung*, Forschungen Heft 148. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).
- DROSTE, L. & GÄRTNER, M. 2008. Eine kurze Geschichte der Nutzungsarten und ihr Nachweis im Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®). *Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungswesen Nordrhein-Westfalen (NÖV)*, 1/2008, S. 23-34.
- EINIG, K. 2005. Regulierung des Siedlungsflächenwachstums als Herausforderung des Raumordnungsrechts. *DISP*, 160, S. 48-57.
- EINIG, K. 2007. Prozessinnovationen im regionalen Flächenmanagement durch Modellvorhaben der Raumordnung. In: SCHRENK, M., POPVICH, V. & BENEDIKT, J. (Hrsg.) *REAL CORP 007. Planen ist nicht genug. Tagungsband*. Wien, S. 505-510.
- EINIG, K. 2011 Regulierung durch Regionalplanung. *Die Öffentliche Verwaltung*, 5/2011, S. 185-195.
- EINIG, K., JONAS, A. & ZASPEL, B. 2009. Eignung von CORINE-Geodaten und Daten der Flächenerhebung zur Analyse der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland. *Wirtschaft und Statistik*, 4/2009, S. 355-364.
- EMISON, G. A. 2001. The Relationship of Sprawl and Ozone Air Quality in United States' Metropolitan Areas. *Regional Environmental Change*, 2/2001, S. 118-127.
- ERB, K. H. 2002. Die Globalisierung der Landnutzung: Österreichs Inanspruchnahme von Landfläche in der Welt. *Natur und Kultur*, Jahrgang 3, Ausgabe 1, S. 35-56.
- ESSWEIN, H., JAEGER, J., SCHWARZ-VON RAUMER, H.-G. & MÜLLER, M. 2002. *Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg*, Nr. 214/Juni 2002. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung.
- EUROPEAN COMMISSION 2010. *2009 Environment Policy Review*, Staff Working Paper SEC 975. Luxembourg: European Commission.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 1999. *Environmental indicators: Typology and overview*, Technical report No 25. Copenhagen: European Environment Agency.

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2006. *Urban sprawl in Europe. The ignored challenge*, EEA Report No 10/2006. Copenhagen: European Environment Agency.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2010. *The European environment - state and outlook 2010: Land Use*, SOER 2010. Copenhagen: European Environment Agency,.
- EVERT, R. H. 2001. *Lexikon Landschafts- und Stadtplanung: Mehrsprachiges Wörterbuch über Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt*, Berlin, Heidelberg: Springer.
- EWING, R., PENDALL, R. & CHEN, D. 2002. Measuring sprawl and its impact. *Smart Growth America* [Online]. Verfügbar unter: <http://www.smartgrowthamerica.org/documents/MeasuringSprawl.PDF> [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- FEENY, D., BERKES, F., MCCAY, B. & ACHESON, J. 1990. The Tragedy of the Commons: Twenty-two years later. *Human Ecology*, 18, S. 1-19.
- FINA, S. 2009. Benchmarking Urban Development Indicators - Comparing Apples to Apples using GIS. In: KREK, A., RUMOR, M., ZLATANOVA, S. & FENDEL, E. (Hrsg.) *Urban and Regional Data Management - UDMS Annual 2009*. Ljubljana: Taylor & Francis, S. 347-359.
- FINA, S. 2011a. Flächenverbrauch und Landschaftszersiedelung - Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich. In: MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.) *Flächennutzungsmonitoring III*. Dresden: Rhombos Verlag, S. 11-22.
- FINA, S. 2011b. Planungsrelevanz: Potenziale und Herausforderungen neuer Geodatenstrukturen. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V. & ZEILE, P. (Hrsg.) REAL CORP 011, Essen. CORP - Ceit Alanova, S. 715-725.
- FINA, S. eingereicht 2012. Patterns of Urban Sprawl: Measuring dispersion. *Geographical Analysis*, unveröffentlicht.
- FINA, S., PILERI, P., SIEDENTOP, S. & MAGGI, M. eingereicht 2012. Strategies to reduce land consumption - a comparison between Italian and German city regions. *Archivio Studi Urbani*, unveröffentlicht.
- FINA, S., PLANINSEK, S. & ZAKRZEWSKI, P. 2009. Suburban crisis? Demand for single family homes in the face of demographic change. *Europa Regional*, 17 (2009), S. 2-14.
- FINA, S., PLANINSEK, S. & ZAKRZEWSKI, P. 2012. Germany's Post-War Suburbs: Perspectives of the Ageing Housing Stock. In: GANSER, R. & PIRLO, R. (Hrsg.) *Parallel Patterns of Shrinking Cities and Urban Growth: Spatial Planning for Sustainable Development of City Regions and Rural Areas*. London: Ashgate, S. 111-124.
- FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2008a. Ein Messkonzept zur Abbildung des „Urban Sprawl“ als Beitrag zur Weiterentwicklung der Raumb Beobachtung. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.) *Angewandte Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg*. Heidelberg: Wichmann, S. 544-549.
- FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2008b. Urban sprawl in Europe: identifying the challenge. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V., ENGELKE, D. & ELISEI, P. (Hrsg.) REAL CORP 008, Wien. CORP - Ceit Alanova, S. 489-501.

- FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2009a. The riddled city - where demographic change adds to the woes of urban sprawl. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V., ENGELKE, D. & ELISEI, P. (Hrsg.) REAL CORP 009, Barcelona. CORP - Ceit Alanova, S. 507-517.
- FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2009b. *Steuerung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung mit negativplanerischen Instrumenten - Analyse und Bewertung des Instrumenteneinsatzes in vier Modellregionen*, Land Use Economics and Planning - Discussion Paper Series. No. 09-10. Göttingen: Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung der Georg-August-Universität Göttingen.
- FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2011a. Analyse der Wirksamkeit freiraumschutzorientierter Instrumente im Außenbereich. In: BOCK, S., HINZEN, A. & LIBBE, J. (Hrsg.) *Nachhaltiges Flächenmanagement - Ein Handbuch für die Praxis. Ergebnisse aus der REFINA-Forschung*. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 394-397.
- FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2011b. Beurteilung der Wirksamkeit des regionalen Freiraumschutzinstrumentariums mit Hilfe der Baulandpotenzialanalyse. In: BIZER, K., EINIG, K., KÖCK, W. & SIEDENTOP, S. (Hrsg.) *Raumordnungsinstrumente zur Flächenverbrauchsreduktion: Handelbare Flächenausweisungsrechte in der räumlichen Planung*. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, S. 127-148.
- FRENKEL, A. & ASHKENAZI, M. 2008. Measuring urban sprawl: how can we deal with it? *Environment and Planning B*, Vol. 35, S. 1-24.
- FRERICHS, S., LIEBER, M. & PREUß, T. (Hrsg.) 2009. *Flächen- und Standortbewertung für ein nachhaltiges Flächenmanagement: Methoden und Konzepte*, Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band V, Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.
- GALSTER, G., HANSON, R., WOLMAN, H. & COLEMAN, S. 2001. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, Vol. 12, S. 681-717.
- GANS, P. & KEMPER, F.-J. 2011. *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland - Bevölkerungsentwicklung*, Berlin, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- GLAESER, E. L. & KAHN, M. E. 2001. *Decentralized Employment and the Transformation of the American City*, NBER Working Paper Series, Working Paper 8117. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- GLAESER, E. L., KHAN, M. & CHU, C. 2001. *Job sprawl: Employment location in U.S. metropolitan areas*, Survey Series. July 2001. Washington D.C.: The Brookings Institution.
- GREIVING, S. & HÖWELER, M. 2008. Virtueller Gewerbeflächenpool - ein Modell regionalplanerischer Mengensteuerung der Siedlungsflächenentwicklung. *Raumforschung und Raumordnung*, 66/4, S. 305-317.
- GUTSCHE, J.-M., SCHILLER, G. & SIEDENTOP, S. 2007. Von der Außen- zur Innenentwicklung in Städten und Gemeinden: Das Kostenparadoxon der Baulandentwicklung. *Texte 31/2009* [Online]. Verfügbar unter: [http://www.umweltbundesamt.de/uba-infomedien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3858](http://www.umweltbundesamt.de/uba-infomedien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3858) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- GUTSCHE, J.-M. & STOUL, D. 2006. Kurz-, mittel- und langfristige Kosten der Baulanderschließung für die öffentliche Hand, die Grundstücksbesitzer und die Allgemeinheit. Verfügbar

unter: [http://www.ggr-planung.de/fileadmin/pdf-  
veroeffentlichungen/GGR\\_Kostenstudie\\_Husum\\_lang\\_gesamt.pdf](http://www.ggr-planung.de/fileadmin/pdf-<br/>veroeffentlichungen/GGR_Kostenstudie_Husum_lang_gesamt.pdf) [Zuletzt besucht am  
8. Februar 2013].

- HAGEDORN, C., KLINK, A., VÖLKER, A. & MÜTERTHIES, A. 2010. Automatische Analyse von Fernerkundungsdaten zur Generierung von Flächeninformationen in urbanen Räumen. In: FRERICHS, S., LIEBER, M. & PREUß, T. (Hrsg.) *Flächen- und Standortbewertung für ein nachhaltiges Flächenmanagement. Methoden und Konzepte*. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik, S. 214-223.
- HARDIN, G. 1998. Extensions of "The Tragedy of the Commons". *SCIENCE*, Vol. 280, No. 5364, S. 682-683.
- HASSE, J. E. & LATHROP, R. G. 2003. Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied Geography*, 23 (2003), S. 159-175.
- HENGER, R. & BIZER, K. 2010. Tradable planning permits for land-use control in Germany. *Land Use Policy*, Vol. 27, S. 843-852.
- HENGER, R. & SCHRÖTER-SCHLAACK, C. 2008. *Designoptionen für den Handel mit Flächenausweisungsrechten in Deutschland*, Land Use Economics and Planning - Discussion Paper. No. 08-02. Göttingen: Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung der Georg-August-Universität Göttingen.
- HENGER, R. & THOMÄ, J. 2009. *Fiskalische Wirkungsanalysen zur Bewertung der Siedlungsentwicklung - Ein (Fehl-) Versuch zur Flächenverbrauchsreduktion?*, Land Use Economics and Planning - Discussion Paper. No. 09-01. Göttingen: Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung der Georg-August-Universität Göttingen.
- HESSE, M. & KALTENBRUNNER, R. 2005. Zerrbild "Zersiedelung". *DISP*, 160 (2005), S. 16-22.
- HODGE, T. 1997. Toward a conceptual framework for assessing Progress toward Sustainability. *Social Indicators Research*, 40 (1-2), S. 5-98.
- HUANG, J., LU, X. X. & SELLERS, J. M. 2007. A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 82, S. 184-197.
- JACOBY, C. 2009. Monitoring und Evaluation von Stadt- und Regionalentwicklung. Einführung in Begriffswelt, rechtliche Anforderungen, fachliche Herausforderungen und ausgewählte Ansätze. In: JACOBY, C. (Hrsg.) *Monitoring und Evaluation von Stadt- und Regionalentwicklung*. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, S. 1-24.
- JAEGER, J. & BERTILLER, R. 2006. Aufgaben und Grenzen von Messgrößen für die Landschaftsstruktur – das Beispiel Zersiedelung. In: TANNER, K. M., BÜRGI, M. & COCH, T. (Hrsg.) *Landschaftsqualitäten. Festschrift für Prof. Dr. Klaus C. Ewald, anlässlich seiner Emeritierung im Jahr 2006*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag, S. 159-184.
- JAEGER, J., BERTILLER, R., SCHWICK, C., CAVENS, D. & KIENAST, F. 2010. Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, 10 (2010), S. 427-441.

- JAEGER, J., BERTILLER, R., SCHWICK, C. & KIENAST, F. 2009. Suitability criteria for measures of urban sprawl. *Ecological Indicators*, 10 (2010), S. 397-406.
- JAEGER, J. & SCHWICK, C. 2010. Messbare Kriterien für die Zersiedelung. *GAIA*, 19/4, S. 303-307.
- JAEGER, J. A. G. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15/2, S. 115–130.
- JELINSKI, D. & WU, J. 1996. The modifiable areal unit problem and implications for landscape ecology. *Landscape Ecology*, 11/3, S. 129-140.
- KAUERTZ, C., MÜLLER-HERBERS, S., KOCH, K., BUCHERT, M., BLEHER, D. & RUTHER-MEHLIS, A. 2008. Die Zukunft liegt im Bestand: Kommunales Flächenmanagement in der Region. *komreg. Kommunales Flächenmanagement in der Region* [Online]. Verfügbar unter: <http://www.oeko.de/oekodoc/1162/2008-033-de.pdf> [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- KEINER, M. 2005. *Planungsinstrumente einer nachhaltigen Raumentwicklung: Indikatorenbasiertes Monitoring und Controlling in der Schweiz, Österreich und Deutschland*, Salzburg: Selbstverlag Geographie Salzburg.
- KLOSTERMAN 2008. A New Tool for a New Planning: The What if? Planning Support System. In: BRAIL, R. K. (Hrsg.) *Planning Support Systems for Cities and Regions*. New Hampshire: Lincoln Institute of Land Policy, S. 58-100.
- KOCH, R. 2009. Raumb Beobachtung zwischen Monitoring, Nachhaltigkeit und Entbürokratisierung - ein Erfahrungsbericht. In: JACOBY, C. (Hrsg.) *Monitoring und Evaluation von Stadt- und Regionalentwicklung*. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, S. 25-44.
- KÖCK, W., BOVET, J., GAWRON, T., HOFMANN, E. & MÖCKEL, S. 2007. *Effektivierung des raumbezogenen Planungsrechts zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme*, Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- KOLANKIEWICZ, L. & BECK, R. 2001. *Weighing sprawl factors in large U.S. cities. A report on the nearly equal roles played by population growth and land use choices in the loss of farmland and natural habitat to urbanization*. Arlington, VA: Numbers USA.
- KRAUTZBERGER, M. & STÜER, B. 2007. BauGB 2007: Stärkung der Innenentwicklung. *DVBL Abhandlungen* [Online]. Verfügbar unter: [http://www.krautzberger.info/file/page/aufsaetze\\_vortraege/dvbl0307.Krautzberger.Stueer.pdf](http://www.krautzberger.info/file/page/aufsaetze_vortraege/dvbl0307.Krautzberger.Stueer.pdf) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- KROLL, F. & HAASE, D. 2010. Does demographic change affect land use patterns? A case study from Germany. *Land Use Policy*, 27 (2010), S. 726-737.
- KUHN, S. 2012. *Inwertsetzung und Plausibilität von ATKIS-Basis-DLM und ALK-Bodenschätzung für ein Monitoring des Agrarflächenverlustes in Baden-Württemberg: Trendanalyse von 2004 bis 2011*. Diplomarbeit, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung der Universität Stuttgart.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG. 2007. Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden

Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg. Verfügbar unter:

<http://www.lubw.baden->

[wuerttemberg.de/servlet/is/25922/indikatoren\\_zur\\_flaecheninanspruchnahme.pdf?command=downloadContent&filename=indikatoren\\_zur\\_flaecheninanspruchnahme.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/25922/indikatoren_zur_flaecheninanspruchnahme.pdf?command=downloadContent&filename=indikatoren_zur_flaecheninanspruchnahme.pdf)

[Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].

- LANG, R. E. 2000. *Office sprawl: the evolving geography of business*, Survey Series. October 2000. Washington D.C.: The Brookings Institution.
- LI, H. & WU, J. 2004. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology*, 19 (2004), S. 389–399.
- LÖHR, R.-P. & WIECHMANN, T. (Hrsg.) 2005. *Flächenmanagement*, Handwörterbuch der Raumordnung, Hannover: Akademie für Raumforschung und Raumplanung.
- LOPEZ, R. & HYNES, H. P. 2003. Sprawl in the 1990s. Measurement, distribution, and trends. *Urban Affairs Review*, 38/3, S. 325-355.
- MACLEAN, A. 2008. *Over. Der American Way of Life oder Das Ende der Landschaft*, München: Schirmer / Mosel.
- MALBURG-GRAF, B., RENN, O. & ULMER, F. (Hrsg.) 2007. *Flächenmanagement als Instrument der integrativen Planung für ländliche Räume und der kommunalen Innenentwicklung: Beiträge des 2. Hochschultages 2007 "Strukturentwicklung ländlicher Räume in Baden-Württemberg"*, Stuttgarter Geographische Studien, Band 140, Stuttgart: Institut für Geographie der Universität Stuttgart.
- MALCZEWSKI, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, Vol. 62, S. 3–65.
- MCGARIGAL, K. & MARKS, B. J. 1995. *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Portland: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station.
- MEINEL, G. 2010. Konzept, Funktionalität und erste exemplarische Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor). In: MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.) *Flächennutzungsmonitoring: Konzepte, Indikatoren, Statistik*. Aachen: Rhombos Verlag, S. 183-200.
- MEINEL, G. & KNOP, M. 2008. Geobasisdaten in Deutschland - Verfügbarkeit und Qualitätsaspekte des ATKIS® Basis-DLM und der DTK25(-V). In: SCHRENK, M., POPOVICH, V., ENGELKE, D. & ELISEI, P. (Hrsg.) *Real Corp 008*, Wien. S. 571-581.
- MEINEL, G. & SCHEFFLER, E. 2011. Amtliche Flächenstatistik - ALK - IÖR-Monitor - Ergebnisse eines Vergleichs. In: MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.) *Flächennutzungsmonitoring: Erhebung - Analyse - Bewertung*. Aachen: Rhombos Verlag, S. 71-82.
- MEINEL, G., SCHUBERT, I., SIEDENTOP, S. & BUCHROITHNER, M. 2007. Europäische Siedlungsstrukturvergleiche auf Basis von CORINE Land Cover - Möglichkeiten und Grenzen. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V. & BENEDIKT, J. (Hrsg.) *Proceedings CORP2007*, Wien. S. 645-656.

- MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.) 2009. *Flächennutzungsmonitoring: Konzepte, Indikatoren, Statistik*, Aachen: Shaker Verlag.
- MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.) 2010. *Flächennutzungsmonitoring: Konzepte, Indikatoren, Statistik*, IÖR-Schriften, Band 52, Aachen: Rhombos Verlag.
- MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.) 2011. *Flächennutzungsmonitoring: Erhebung - Analyse - Bewertung*, IÖR-Schriften, Band 58, Aachen: Rhombos Verlag.
- MEINEL, G. & SIEDENTOP, S. 2007. Erhebung und indikatorgestützte Bewertung der Siedlungsstruktur und ihrer Entwicklung - Konzept „Deutschlandmonitor Siedlungs- und Freiraumentwicklung“. In: STROBEL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.) 19. AGIT-Symposium, Salzburg. Wichmann, S. 473-481.
- MÜLLER-HERBERS, S. & MOLDER, F. 2007. Neue Handlungshilfen für eine aktive Innenentwicklung (HAI) - Ergebnisse. In: STUTTGART, U. (Hrsg.) VEGAS-Kolloquium 2008 - Ressource Fläche III, Stuttgart. Mitteilungen des Instituts für Wasserbau, S. 73-81.
- MUNIZ, I. & GALINDO, A. 2005. Urban form and the ecological footprint of commuting. The case of Barcelona. *Ecological Economics*, Vol. 55, S. 499-514.
- NACHHALTIGKEITSBEIRAT BADEN-WÜRTTEMBERG 2010. *Nachhaltiges Flächenmanagement in Baden-Württemberg*. Stuttgart: Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg.
- NUISSL, H. & RINK, D. 2005. The 'production' of urban sprawl in eastern Germany as a phenomenon of post-socialist transformation. *Cities*, 22/2, S. 123-134.
- OELTZE, S. & BRACHER, T. 2006. *Mobilität 2050 -Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050*: Deutsches Institut für Urbanistik
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. 2003. OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use - Reference Paper. Verfügbar unter: <http://www.oecd.org/dataoecd/7/47/24993546.pdf> [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. 2012. Compact City Policies: A Comparative Assessment Publishing. *OECD Green Growth Studies* [Online]. Verfügbar unter: [http://www.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/compact-city-policies\\_9789264167865-en](http://www.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/compact-city-policies_9789264167865-en) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- OSTERTAG, K., SCHLEICH, J., EHRHART, K.-M., GOEBES, L., MÜLLER, J., SEIFERT, S. & KÜPFER, C. 2010. *Neue Instrumente für weniger Flächenverbrauch - Der Handel mit Flächenausweisungsrechten im Experiment*, Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- PACIONE, M. 2009. *Urban Geography: A Global Perspective*, New York: Routedledge.
- PORTZ, N. 2004. Entwicklungschancen in Kommunen erhalten. DStGB-Position zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. *Stadt und Gemeinde*, 3 (2004), S. 88-90.
- PREUß, T. & FLOETING, H. (Hrsg.) 2010. *Folgekosten der Siedlungsentwicklung - Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen-Betrachtung*, Beiträge

aus der REFINA-Forschung Reihe REFINA, Band III, Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.

- PROGNOS AG. 2010. Prognos Zukunftsatlas 2010 - Deutschlands Regionen im Zukunftswettbewerb. Verfügbar unter:  
[http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/downloads/Prognos\\_Zukunftsatlas\\_2010\\_Auf\\_einen\\_Blick.pdf](http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/downloads/Prognos_Zukunftsatlas_2010_Auf_einen_Blick.pdf) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG. 2004. Mehr Wert für die Fläche: Das "Ziel-30-ha" für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land. Verfügbar unter:  
[http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Broschuere\\_Flaechenempfehlung\\_02.pdf](http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Broschuere_Flaechenempfehlung_02.pdf) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG. 2008. Welche Ampeln stehen auf Rot? Stand der 21 Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie - auf der Grundlage des Indikatorenberichts 2006 des Statistischen Bundesamtes. Verfügbar unter:  
[http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Broschuere\\_Ampel\\_texte\\_Nr\\_22\\_April\\_2008\\_01.pdf](http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Broschuere_Ampel_texte_Nr_22_April_2008_01.pdf) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG. 2012. Empfehlungen des RNE zur Stärkung der Innenentwicklung in Städten Vorschläge zur Novelle des Baugesetzbuches zur Baulandpotenzial- und -bedarfsermittlung. *Referentenentwurf, Stand 11.6.2012* [Online]. Verfügbar unter:  
[http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/RNE\\_Stellungnahme\\_Staerkung\\_der\\_Innenentwicklung\\_in\\_Staedten\\_27-09-2012.pdf](http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/RNE_Stellungnahme_Staerkung_der_Innenentwicklung_in_Staedten_27-09-2012.pdf) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- RAT FÜR SOZIAL- UND WIRTSCHAFTSDATEN. 2012. Endbericht der AG „Georeferenzierung von Daten“ des RatSWD - Bericht der Arbeitsgruppe und Empfehlung des Rates für Sozial und Wirtschaftsdaten (RatSWD). Verfügbar unter:  
[http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2012/13233/pdf/RatSWD\\_Endbericht\\_Geo\\_AG.pdf](http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2012/13233/pdf/RatSWD_Endbericht_Geo_AG.pdf) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- RAZIN, E. & ROSENTRAU, M. 2000. Are Fragmentation and Sprawl Interlinked? North American Evidence. *Urban Affairs Review*, 35/6, S. 821-836.
- RECK, H., HÄNEL, K., JEBBERGER, J. & LORENZEN, D. 2008. *Unzerschnittene verkehrsarme Räume, Unzerschnittene Funktionsräume und Biologische Vielfalt: Landschafts- und Zerschneidungsanalysen als Grundlage für die räumliche Umweltplanung.*, Naturschutz und Biologische Vielfalt 62.
- REES, H., HYLAND, J., HYLLAND, K., MERCER, C., ROFF, J. & WARE, S. 2008. Environmental Indicators: utility in meeting regulatory nees. An overview. *ICES Journal of Marine Science*, Vol. 62, S. 1381-1386.
- REGIONALVERBAND SÜDLICHER OBERRHEIN 2008. *Flächenmanagement durch innovative Regionalplanung: Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt FLAIR*. Freiburg: Regionalverband Südlicher Oberrhein.
- SCHILLER, G., GUTSCHE, J.-M. & SIEDENTOP, S. 2009. *Von der Außen- zur Innenentwicklung in Städten und Gemeinden: Das Kostenparadoxon der Baulandentwicklung*, Texte 31/2009. Dessau: Umweltbundesamt.

- SCHMIDT-BLEEK, F. 2004. *Der ökologische Rucksack: Wirtschaft für eine Zukunft mit Zukunft*, Stuttgart: Hirzel Verlag.
- SCHMIDT, S. 2011. Sprawl Without Growth in Eastern Germany. *Urban Geography*, 32/1, S. 105-128.
- SCHNEIDER, A. & WOODCOCK, C. E. 2008. Compact, dispersed, fragmented, extensive? A comparison of urban growth in twenty-five global cities using remotely sensed data, pattern metrics and census information. *Urban Studies*, 45/3, S. 659-692.
- SCHRAMM, W., HEIL, J., HEUWINKEL, D., SCHOLICH, D., WEBER, J. & WORTMANN, W. 1986. *Flächenansprüche und Raumnutzung - Fallstudien zur regionalen Flächeninanspruchnahme und Verbesserung ihrer Steuerung durch den Indikator Wirkungsflächen*, Hannover: Curt R. Vincentz Verlag.
- SCHUMACHER, U. & MEINEL, G. 2009. ATKIS, ALK(IS), Orthobild - Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings. In: SCHUMACHER, U. & MEINEL, G. (Hrsg.) *Flächennutzungsmonitoring: Konzepte, Indikatoren, Statistik*. Aachen: shaker Verlag, S. 47-67.
- SCHWARZ-VON RAUMER, H.-G. & KAULE, G. 2009. Vom Verlust der Durchgängigkeit - Landschaftswandel in Baden-Württemberg zwischen Siedlungerschließung und Raumansprüchen des Arten- und Biotopschutzes. *Naturschutz-Info*, 2 (2009), S. 38-42.
- SCHWEPPE-KRAFT, B. 2007. Indikator zur Messung der Zersiedelung der Landschaft. Vorschlag eines einfachen, anschaulichen und zuverlässigen Indikators „effektiver Freiflächenanteil“ zur Messung der Zersiedelung der Landschaft. Bundesamt für Naturschutz, unveröffentlicht.
- SIEDENTOP, S. 2006. Kumulative Belastungen von Natur und Landschaft. In: BAIER, H., ERDMANN, F., HOLZ, R. & WATERSTRAAT, A. (Hrsg.) *Freiraum und Naturschutz. Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 452-459.
- SIEDENTOP, S. 2010. Helfen informatorische Instrumente beim Flächensparen? Anforderungen an ein Informationsmanagement zur Unterstützung einer flächensparenden Entwicklung. In: MEINEL, G. & SCHUMACHER, U. (Hrsg.) *Flächennutzungsmonitoring: Konzepte, Indikatoren, Statistik*. Aachen: Rhombos Verlag, S. 3-18.
- SIEDENTOP, S. & FINA, S. 2010a. *Datengrundlagen zur Siedlungsentwicklung. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen*. Stuttgart: Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung.
- SIEDENTOP, S. & FINA, S. 2010b. Monitoring urban sprawl in Germany: towards a GIS-based measurement and assessment approach. *Journal of Land Use Science*, 5/2, S. 73-104.
- SIEDENTOP, S. & FINA, S. 2010c. Urban sprawl beyond growth: the effect of demographic change on infrastructure cost. *Flux*, 79/80 Janvier - Juin 2010, S. 90-100.
- SIEDENTOP, S. & FINA, S. 2012. Who sprawls most? Exploring the patterns of urban growth across 26 European countries. *Environment and Planning B*, Vol. 44, S. 2765-2784.

- SIEDENTOP, S., HEILAND, S., LEHMANN, I. & SCHAUERTE-LÜKE, N. 2007. *Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie - Flächenziele*, Forschungen. Heft 130. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- SIEDENTOP, S., JUNESCH, R., STRASSER, M., ZAKRZEWSKI, P., SAMANIEGO, L. & WEINERT, J. 2009. *Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen*, Forschungen. Heft 139. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- SIEDENTOP, S. & KAUSCH, S. 2004. Die räumliche Struktur des Flächenverbrauchs in Deutschland. Eine auf Gemeindedaten basierende Analyse für den Zeitraum 1997 bis 2001. *Raumforschung und Raumordnung*, 1 (2004), S. 36-49.
- SIEDENTOP, S., KRAUSE-JUNK, K., JUNESCH, R. & FINA, S. 2010. *Nachhaltige Innenentwicklung durch beschleunigte Planung? Analyse der Anwendung von § 13a BauGB in baden-württembergischen Kommunen - Abschlussbericht*, BWplus BWR28002. Stuttgart: Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung der Universität Stuttgart.
- SIEDENTOP, S., ROOS, S. & FINA, S. eingereicht 2012. Ist die „Autoabhängigkeit“ städtischer Siedlungsgebiete messbar? Entwicklung und Anwendung eines Indikatorenkonzepts in der Region Stuttgart. *Raumforschung und Raumordnung*, unveröffentlicht.
- SONG, Y. & KNAAP, G.-J. 2004. Measuring urban form. Is Portland winning the war on sprawl? *Journal of the American Planning Association*, 70/2, S. 210-225.
- SPANNOWSKY, W. 2007. Die Einführung eines beschleunigten Verfahrens für Bebauungspläne der Innenentwicklung. *Natur und Recht*, 29 (2007), S. 521-526.
- STATISTISCHES BUNDESAMT. 2010. Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. . *DESTATIS Qualitätsbericht* [Online]. Verfügbar unter: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitätsberichte/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Flaechenerhebung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitätsberichte/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Flaechenerhebung.pdf?__blob=publicationFile) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- STATISTISCHES BUNDESAMT. 2011. Entwicklung der Privathaushalte bis 2030 - Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung. Verfügbar unter: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/HaushalteMikrozensus/EntwicklungPrivathaushalte5124001109004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/HaushalteMikrozensus/EntwicklungPrivathaushalte5124001109004.pdf?__blob=publicationFile) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- STATISTISCHES BUNDESAMT. 2012. Nachhaltige Entwicklung in Deutschland: Indikatorenbericht 2012. Verfügbar unter: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF\\_0230001.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile) [Zuletzt besucht am 8. Februar 2013].
- THOMAS, I., FRANKHAUSER, P. & BADARIOTTI, D. 2012. Comparing the fractality of European urban neighbourhoods: do national contexts matter? *Journal of Geographic Systems*, Vol. 14, S. 189-208.

- THOMAS, I., FRANKHAUSER, P. & BIERNACKI, C. 2008. The morphology of built-up landscapes in Wallonia (Belgium): A classification using fractal indices. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 84, S. 99–115.
- TORRENS, P. M. 2008. A Toolkit for Measuring Sprawl. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1 (2008), S. 5-36.
- TORRENS, P. M. & ALBERTI, M. 2000. Measuring sprawl. *CASA Paper 27*. London: Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.
- TSAI, Y.-H. 2005. Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban Studies*, 42/1, S. 141-161.
- ULMER, F., RENN, O., RUTHER-MEHLIS, A., JANY, A., LILIENTHAL, M., MALBURG-GRAF, B., PIETSCH, J. & SELINGER, J. 2007. *Erfolgsfaktoren zur Reduzierung des Flächenverbrauchs in Deutschland. Studie im Auftrag des Rates für Nachhaltige Entwicklung*, Texte Nr. 19. Stuttgart: Rat für Nachhaltige Entwicklung.
- UMWELTBUNDESAMT 2004. *Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr - Materialienband*, UBA-Texte 90/03. Berlin: Umweltbundesamt.
- WACKERNAGEL, M. & REES, W. 1996. *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth.*, Gabriola Island: New Society Publishers.
- WATTS, R., COMPTON, R., MCCAMMON, J., RICH, C., WRIGHT, S., OWENS, M. & OUREN, D. 2007. Roadless Space of the Conterminous United States. *SCIENCE*, Vol. 316, S. 736-738.
- WEBER, J. & SULTANA, S. 2005. *The impact of sprawl on commuting in Alabama*, UTCA Report 04108. Birmingham: University of Alabama, University Transportation Center for Alabama.
- WEIDNER, S. 2005. *Stadtentwicklung unter Schrumpfbedingungen. Leitfaden zur Erfassung dieses veränderten Entwicklungsmodus von Stadt und zum Umgang damit in der Stadtentwicklungsplanung*, Leipzig: Universität Leipzig.
- WOLMAN, H., GALSTER, G., HANSON, R., RATCLIFFE, M., FURDELL, K. & SARZYNSKI, A. 2005. The Fundamental Challenge in Measuring Sprawl: Which Land Should Be Considered? *The Professional Geographer*, 57/1, S. 94-105.
- ZHANG, L., WU, J., ZHEN, Y. & SHU, J. 2004. RETRACTED: A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China. *Landscape and Urban Planning*, 69/1, S. 1-16.
- ZHANG, M. & KUKADIA, N. 2005. Metrics of Urban Form and the Modifiable Areal Unit Problem. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1902/1, S. 71-79.

## Anhang A

Nutzungsartengruppe	Beschreibung
Gebäude- und Freifläche (100/200)	<p>Flächen mit Gebäuden (Gebäudeflächen) und unbebaute Flächen (Freiflächen), die Zwecken der Gebäude untergeordnet sind.</p> <p>Anmerkungen:            Zu den unterzuordnenden Flächen zählen insbesondere Vorgärten, Hausgärten, Spielplätze, Stellplätze usw., die mit der Bebauung im Zusammenhang stehen. Getrennt liegende Flurstücksteile können als eigener Flurstücksabschnitt behandelt werden. Unbebaute Flächen bis ca. 0,1 ha gelten als der Bebauung untergeordnet, darüber hinaus gewöhnlich auch unbebaute Flächen bis zum ca. 10fachen der bebauten Fläche. Größere Gebäude- und Freiflächen (z.B. 1 200 m<sup>2</sup>), bei denen die nicht überbauten Flächen einheitlich z.B. als Haus-, Ziergarten und Grünfläche genutzt werden, sollen als ein Flurstück ausgewiesen werden.            Mehrere Flurstücke, die örtlich und wirtschaftlich eine zusammenhängende Einheit bilden, erhalten sämtlich die vorherrschende Nutzungsart. Flächen werden auch dann mit der Nutzung "Gebäude- und Freifläche" bezeichnet, wenn Gebäude noch im Bau oder die auf ihnen stehenden Gebäude noch nicht eingemessen sind. Flächen, die von Nachbargebäuden geringfügig überbaut sind, sollen nur dann mit "Gebäude- und Freifläche" bezeichnet werden, wenn die Überbauung nach Art und Größe von wirtschaftlicher Bedeutung für die Benutzung der beeinträchtigten Fläche ist, ansonsten gilt das Dominanzprinzip.</p>
Betriebsfläche (300)	<p>Unbebaute Flächen, die gewerblich, industriell oder für Zwecke der Ver- und Entsorgung genutzt werden.</p>
Erholungsfläche (400)	<p>Unbebaute Flächen, die dem Sport und der Erholung dienen.</p> <p>Anmerkung:            Skiabfahrten und Schleppliftbahnen, die vorherrschend anders genutzt werden, sollten nicht als Sportfläche nachgewiesen werden. Wird auch Sommerski betrieben, sind die Flächen der Abfahrten und Schleppliftbahnen dem Nutzungsartenschlüssel 410 (419) zuzuordnen. Die Gebäude der Berg- und Talstation sind mit den dazugehörigen Flächen als Nutzungsartenschlüssel 280 (281) zu bezeichnen.</p>
Verkehrsfläche (500)	<p>Unbebaute Flächen, die dem Straßen-, Schienen- oder Luftverkehr sowie Landflächen, die dem Verkehr auf den Wasserstraßen dienen.</p> <p>Anmerkung:            Hierzu gehören in der Regel auch die Trenn-, Seiten- und Schutzstreifen, Brücken, Gräben und Böschungen, Rad- und Gehwege, Parkstreifen und ähnliche Einrichtungen.</p>
Landwirtschaftsfläche (600)	<p>Unbebaute Flächen, die dem Ackerbau, der Wiesen- und Weidewirtschaft, dem Garten-, Obst- oder Weinbau dienen sowie Moor und Heide.</p>
Waldfläche (700)	<p>Unbebaute Flächen, die mit Bäumen oder Sträuchern bewachsen sind.</p> <p>Anmerkung:            Hierzu gehören auch Waldblößen, Pflanzschulen, Wildäsungsflächen u. dgl. bis zu ca. 0,1 ha sowie in der Regel auch Waldwege, sofern sie nicht als Flurstück ausgewiesen sind.</p>
Wasserfläche	<p>Flächen, die ständig oder zeitweilig mit Wasser bedeckt sind, gleichgültig, ob das Wasser in natürlichen oder künstlichen Betten abfließt oder steht.</p> <p>Anmerkung:            Hierzu gehören in der Regel auch Böschungen, Uferbefestigungen u. dgl. Bei Wasserstraßen siehe Anmerkung zu Nutzungsartenschlüssel 590.</p>
Flächen anderer Nutzung	<p>Unbebaute Flächen, die nicht mit einer der vorgenannten Nutzungsarten bezeichnet werden können.</p>

**Anhang A-1: Mindestveröffentlichungsprogramm der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung (Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010).**

Indikatoren und Messgrößen	Potentielle Auswirkungen	Autor(en)
Veränderung der Siedlungsfläche, Veränderung der Siedlungsdichte	n.a.	Anthony, 2004
Sechs Dimensionen von <i>Urban Sprawl</i> : Konnektivität, Dezentralisierung, Dichte, Streuung, Verfügbarer Freiraum, Durchmischung der Landnutzung	n.a.	Arribas-Bel et al., 2010
Veränderung der Bevölkerungsdichte, Veränderung der Siedlungsfläche	Luftqualität (Ozonbelastung)	Emison, 2001
Wachstum überbauter Flächen, Anteil dichter Wohnbebauung an der gesamten Wohnbebauung, Anteil der Wohnbebauung niedriger Dichte an der gesamten neuen Wohnbebauung, Wohndichte, Veränderung der Wachstumsraten von Bevölkerung und überbauter Fläche, Verfügbare überbaute Fläche pro Einwohner	Nachfrage nach mineralischen Rohstoffen, Verlust produktiver Böden, Veränderung der Eigenschaften von Wasser-/Landoberflächen, Energieverbrauch und CO2-Emissionen, Landschaftsfragmentierung Städtische Luftqualität, Soziale Segregation, Infrastrukturkosten	European Environment Agency, 2006
Zusammengesetzter <i>Sprawl-Index</i> aus vier Faktoren: Wohndichte, lokale Durchmischung von Wohnen, Beschäftigung und Dienstleistungen Bedeutung von Innenstädten und Subzentren, Erreichbarkeit von Straßen (Faktoren werden mit 22 Messgrößen bestimmt)	Motorisierung und Fahrleistung, Grad der Ozonbelastung, Unfallrisiko im Straßenverkehr, Anteil an Fußgängern und Nutzer alternativer Verkehrsmodi	Ewing et al., 2002
Komposition (Bevölkerungsdichte, fraktale Dimension, Shape-Index, „Leapfrog-Index“, mittlere Flächengröße), Konfiguration (Durchmischung von Nutzungen)	n.a.	Frenkel und Ashkenazi, 2008
Acht „Sprawl-Dimensionen“: Dichte, Kontinuität, Konzentration, Klumpung, Zentralität, Nuklearität, Durchmischung, Nähe	n.a.	Galster et al., 2001
Dezentralisierung (Anteil der Bevölkerung in den inneren 3, 5 und 10 Meilenringen; Median Einwohner-/Beschäftigendistanz in Meilen vom Stadtzentrum), Beschäftigungs- und Einwohnerdichte	Wohnungspreise und -anzahl, Stauhäufigkeit und Automobilität, Flächenverbrauch, CO2- und andere Emissionen, Konsequenzen für Verdichtung und Produktivität	Glaeser und Kahn, 2001
Komplexität, Zentralität, Kompaktheit, Durchlässigkeit, Dichte	n.a.	Huang et al., 2007
Dispersionsgrad, Urbane Durchdringung, Sprawl pro Einwohner, Total Sprawl	n.a.	Jaeger et al., 2010; Jaeger und Schwick, 2010; Jaeger und Bertiller, 2006
Verlust an landwirtschaftlicher Nutzfläche durch Siedlungserweiterungen Prozentuales Wachstum des Flächenverbrauchs pro Einwohner	Flächenverbrauch, Verlust landwirtschaftlicher Nutzflächen	Kolankiewicz und Beck, 2001
Sprawl-Index (Sli), $Sli = (((S\%i - D\%i)/100) + 1) \times 50$ , mit $D\%i$ = prozentualer Anteil der Gesamtbevölkerung an den hoch verdichteten Zensus-Gebieten $i$ $S\%i$ = prozentualer Anteil der Gesamtbevölkerung an den gering verdichteten Zensus-Gebieten $i$	n.a.	Lopez und Hynes, 2003
Prozentualer Anteil der Wohnungen in Einfamilienhäusern, Einwohner pro Quadratkilometer Wohneinheiten pro Quadratkilometer	n.a.	Razin und Rosentraub, 2000
Straßengestaltung und Zirkulationssysteme, Dichte, Zusammensetzung der Flächennutzung, Erreichbarkeit	n.a.	Song und Knaap, 2004
Größe und Veränderungsrate der überbauten Fläche, Dichte und Veränderung der Dichte der überbauten Fläche, Fragmentierung und Streuung (Patch-Dichte und prozentuale Veränderung der Patch-Dichte), Bevölkerungsdichte	n.a.	Schneider und Woodcock, 2008
Fraktalität (fraktale Dimension)	n.a.	Thomas et al., 2012; Thomas et al., 2008; Batty, 2005; Batty

<b>Indikatoren und Messgrößen</b>	<b>Potentielle Auswirkungen</b>	<b>Autor(en)</b>
Größe von Ballungsgebieten, Intensität von Aktivitäten Verteilungsgrad, Klumpungsausmaß	n.a.	und Longley, 1995 Tsai, 2005
Siedlungsflächenwachstum niedriger Dichte außerhalb verstädterter Gebiete	Pendlerbeziehungen	Weber und Sultana, 2005

**Anhang A-2: Indikatoren und Messgrößen für den *Urban Sprawl* (Quelle: verändert und ergänzt nach Siedentop und Fina, 2010b).**



## **Anhang B**

***ANHANG B-1: FINA, S. 2011. Planungsrelevanz: Potenziale und Herausforderungen neuer Geodatenstrukturen. In: SCHRENK, M., POPOVICH, V. & ZEILE, P. (Hrsg.) REAL CORP 011, Essen. CORP - Ceit Alanova, S. 715-725.***

## Planungsrelevanz: Potenziale und Herausforderungen neuer Geodatenstrukturen

Stefan Fina

(Dipl.-Geogr. Stefan Fina, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung der Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, D-70569 Stuttgart, stefan.fina@ireus.uni-stuttgart.de)

### 1 ABSTRACT

The geodata market in Germany is experiencing a period of transition. Long established data formats like the cadastral base and digital topographic maps are being standardized in a move to comply with European geodata standards. From a planner's point of view, these changes also address some of the problems with spatial and temporal inconsistencies of the past. The harmonization of nomenclature and versioning of datasets will improve the capacity of planning support systems to conduct multi-temporal spatial analysis methods on an area-wide basis. In addition, land use monitoring with regards to political objectives to reduce land consumption will benefit greatly from a more robust database. At the same time, current urban development trends require that monitoring systems include indicators on demographic change and urban shrinkage in the future. A variety of spatially enabled information on inner city structure, infill potential and socio-economic variables is needed to support the challenges of retrofitting the urban compound for future generations. This paper provides an overview of the data sources available and aims to assess their suitability, but also their limitations with regards to selected spatial analysis methods.

### 2 MONITORING VON RAUMSTRUKTUREN

#### 2.1 Einführung

Die aktuellen Entwicklungen auf dem Geodatenmarkt versprechen eine Vielzahl neuer Anwendungsmöglichkeiten für raumanalytische Zwecke. Neben Datenharmonisierungen verschiedener Objektmodelle (ATKIS, ALKIS, AAA), der Historisierung von Geodaten für längsschnittanalytische Zwecke, und der Umstellung auf einheitliche Raumbezugsebenen sind vor allem feinträumliche geokodierte Daten aus der amtlichen Statistik und von kommerziellen Anbietern von zunehmendem Interesse. Der standardisierte Informationsgehalt von Geobasisdaten wird damit durch Zusatzinformation (sozio-demografische Gliederung, ökonomische Variablen, sektorale Fachdaten, etc.) auf verschiedenen Raumbezugsebenen komplettiert, von der amtlichen Gliederung bis zur Verräumlichung auf Block- und Straßenseitenebene. Die Informationsfülle ist gleichzeitig aber auch mit Herausforderungen für die Ableitung planungsrelevanter Informationen verbunden. Neben Einschränkungen in der Abdeckung des Bundesgebietes bzw. verschiedener Qualitätsstufen der Datenformate gilt dies insbesondere auch für die Kostenstrukturen von Geodaten, Aspekte des Datenschutzes, und der Anbindung neuer Datenstrukturen an bestehende Monitoringsysteme (z.B. Flächennutzung).

Dieser Beitrag versucht in diesem Kontext, die Potentiale aktueller Entwicklungen auf dem Geodatenmarkt auf ihre Relevanz für planungsrelevante Fragestellungen hin zu bewerten, und im Gegenzug die Anforderungen an die Raumanalytik zu formulieren, die für eine Nutzbarmachung dieser Daten notwendig erscheint. Anhand einiger ausgewählter Beispiele aus dem Flächenmonitoring wird verdeutlicht, welche analytischen Potentiale sich aus der Vernetzung von Datenstrukturen verschiedener Anbieter ergeben können, welche planerischen Fragestellungen damit entscheidend weitergebracht werden, und welche Hindernisse der Nutzbarmachung dieser Techniken momentan noch im Wege stehen.

#### 2.2 Hintergrund

Die Wirkung planerischen Handelns ist in vielerlei Hinsicht schwierig zu bestimmen. Im Spannungsfeld zahlreicher wirtschaftlicher, politischer und gesellschaftlicher Interessen stehen die Zielvorstellungen wünschenswerter Entwicklungspfade im Dienste des Machbaren, des im Lichte widerstrebender Interessen pragmatisch Vernünftigen, und des nach Abwägungsprozessen konsensfähig Durchsetzbaren. In der Raumplanung werden diese Konflikte häufig von den Leitlinienformulierungen der Bundes- oder Landesebene an die zur Implementierung verpflichteten nachgelagerten Planungsinstanzen weitergereicht. Mit der zunehmenden Anzahl an entscheidungsinteressierten und -beeinflussenden Akteuren (z.B. Träger öffentlicher Belange, Fachplanungen) steigt der Konkretisierungsgrad von Leitlinien und damit die Konflikthanfälligkeit von Entscheidungsprozessen. Gleichzeitig verlieren sich die Zielvorgaben der

leitlinienggebenden Instanz („Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf 30 Hektar pro Tag bis zum Jahr 2020“) in Unklarheiten um den Beitrag, den nachgeordnete Instanzen denn zu leisten haben. So finden zum Beispiel planerische Zielvorgaben des Flächensparens häufig breite Zustimmung in überregionalen Gremien, im konkreten Projekt auf Stadtplanungsebene sind sie aber oftmals an wenig prominenter Stelle schwierig durchzusetzen (vgl. Ministerkonferenz für Raumordnung, 2009).

Aus planerischer Sicht sind deshalb informatorische Instrumente von entscheidender Bedeutung, die Transparenz über Zustand, Trends und Entwicklungsoptionen der Flächennutzung schaffen und zur Bewußtseinsklärung gegenüber den Auswirkungen von Entwicklungstrends beitragen (vgl. Keiner, 2005; Siedentop, Junesch et al., 2009). Letztendlich geht es nicht nur darum, die Raumstruktur beständig über konsistente Erfassungsmethoden abzubilden („Monitoring“), sondern auch die ökologischen und gesellschaftlichen Bewertungsmaßstäbe für die Massnahmenverträglichkeit herzustellen („Controlling“, vgl. Birkmann, Koitka et al., 1999).

Über Methoden der Raumanalyse werden Monitoring- und Controllingsysteme mit messbaren Kennziffern versorgt. Auch in diesem Bereich gibt es Fortschritte, die sich parallel mit den datentechnischen Möglichkeiten weiterentwickeln. Von besonderer Bedeutung sind dabei Geodaten, da die Zustandsvariablen des Monitorings aus der Auswertung zahlreicher Datensätze mit Raumbezug entwickelt werden müssen, und im Controlling Entwicklungspfade bewertet werden. Neben dem Raumbezug ist deshalb die zeitliche Dimension entscheidend, insbesondere in der Flächennutzung, wie die Definition nach Breuste 1994 zeigt: „Flächennutzung ist der grundsätzliche Prozess der Raumeignung durch den Menschen. Er bedeutet individuell, gruppenspezifisch oder gesellschaftlich die Inanspruchnahme von technischen oder natürlichen Gegebenheiten der Umwelt des Menschen für seine Zwecke [...]. Nutzung ist kein Zustand, sondern ein Vorgang, Wird der Vorgang ständig reproduziert, stellen sich scheinbar dauerhafte, statische Zustände ein. Der zur Verfügung stehende Raum kann gleichzeitig mehreren Nutzungsansprüchen unterliegen, damit mehrfach genutzt werden. Die Erdoberfläche ist der Bezugsraum von Nutzungen, obwohl Nutzungen zwar überwiegend, aber nicht nur auf ihr erfolgen. Damit hat Nutzung immer einen konkreten Raumbezug. Die räumliche Dimension wird durch Begriffe wie Flächennutzung, Raumnutzung oder Landnutzung zum Ausdruck gebracht. Da es sich bei der Nutzung um Vorgänge handelt, gibt es auch eine zeitliche Dimension [...].“ (Breuste 1994, S.67f.).

Raumbezugsebene	Aufgaben und Zielsetzungen	(Geo-) datenquellen
Überregionales Flächennutzungsmonitoring	Indikatoren zu Zustand und Veränderung von Siedlungs- und Verkehrsfläche. Monitoring von Triebkräften der Zersiedelung und ökologischer Belastbarkeit der Raumstruktur.	Statistische Daten mit Raumbezug vom Bund bis zur Gemeindeebene, zeitlich vergleichbar darstellbar seit ca. Mitte der 1990er Jahre. CORINE Land Cover. Geobasisdaten (ATKIS)
Regionen	Regionale Steuerung der Flächenentwicklung (Ausweisung von Vorrang- und Vorsorgegebieten, Monitoring der Siedlungsentwicklung) - Negativplanung: ökologische Schutzflächen - Positivplanung: Standortanalysen	Statistische Daten mit Raumbezug Sektorale Fachdaten der Fachplanungsbehörden (Schutzgebiete) Daten zur Infrastruktur Geobasisdaten der Landesvermessung (ATKIS)
Kommunen	Flächennutzungsplanung Kommunales Flächenmanagement (Flächenrecycling, Flächenkreislauf)	Amtliche Geobasisdaten, v.a. ALK/ALKIS Baublockstatistiken Haushaltsdaten

Tabelle 1: Differenzierung der Aufgabenbereiche im Flächenmonitoring und daraus resultierende Datenanforderungen.

Tabelle 1 zeigt im Überblick die Aufgaben, die sich daraus für verschiedene Raumbezugsebenen ergeben. Während auf Bundes- und Landesebene die Herausforderung vor allem in der Ergänzung mengenorientierter Flächenverbrauchsdaten über das „Wo“ und „Wie“ liegt (d.h. über die Einbeziehung von räumlich-qualitativen Indikatoren zur Zersiedelung, Nutzungseffizienz, usw., vgl. Siedentop, Heiland et al., 2007), sind auf regionaler Ebene vor allem Vernetzungen zwischen Analyse- und Planungsdaten verschiedener Fachplanungsgebiete von Bedeutung, die die jeweiligen Ausprägungen der dort vorzufindenden Raumstruktur einbringen. Im Rahmen der Planungshoheit der Kommunen wiederum finden die Primärdatenquellen der Katasterämter Eingang in die Planungsaufgaben, die den Informationsbedürfnissen



der lokalen Verwaltung, der Öffentlichkeitsarbeit, aber auch den gesetzlichen Verpflichtungen einer Kommune (z.B. Bauleitplanung, Luftreinhaltung, etc.) Rechnung trägt. Organisatorisch und institutionell stehen regionales/überregionales Monitoring und kommunales Flächenmanagement unabhängig nebeneinander, auch wenn vielfach Kooperationen über Datenabgleiche und Informationsaustausch stattfinden.

Ein großes Manko in der derzeitigen Geodatenlandschaft ist aus Sicht dieser Aufgabenstellungen die stark begrenzte Möglichkeit, über multi-temporale Auswertungen den Faktor Zeit für die Flächenentwicklung konsistent analysieren zu können. Mit der Verabschiedung der europäischen INSPIRE-Richtlinie zur Herstellung von EU-weiten Standards in der Bereitstellung von Geodaten, und dem Aufbau konformer Geodatendienste in Bund und Ländern soll sich dies – zumindest für das Katasterwesen – grundlegend ändern. Der Fokus im Aufbau von Geodateninfrastrukturen (GDI) liegt zwar auf der technischen Vernetzung von räumlichen Auskunftsdiensten im Internet, die für analytische Auswertungen nur beschränkt nutzbar sind. Gleichzeitig werden dafür aber historisierte Datenformate aufgebaut, die zukünftig ein umfassendes Monitoring und Controlling erst ermöglichen (Kiehle und Burgdorf, 2009).

Damit steigen die Anforderungen an die Planungsbehörden, diese Primärdatenquellen technisch zu beherrschen, die neuen Möglichkeiten zu nutzen und gleichzeitig in ihre bestehenden Monitoringansätze einzubinden. Bislang sind nur wenige leistungsfähige Planungsbehörden größerer Städte und Regionen in der Lage, die entsprechende technische Infrastruktur und Personal zu finanzieren. In der planerischen Praxis dominieren Auswertungen statistischer Daten, die bis zur Gemeindeebene in Deutschland in der Regel als Zeitreihen abrufbar und kombinierbar sind. Für die Abbildung kleinräumiger innerstädtischer Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme (z.B. auf Baublockebene) und der Analyse der dabei entstehenden räumlichen Nutzungsmuster fehlen zumeist die Kapazitäten für die Datenbeschaffung und -verarbeitung (vgl. Siedentop, 2006).

Die Bedeutung der kleinräumigen Sichtweise ergibt sich aber nicht zuletzt aus den veränderten Ausgangsbedingungen städtischer Entwicklungsperspektiven in Zeiten des demografischen Wandels und regional schrumpfender Bevölkerungsniveaus. Die damit einhergehenden Fehlbelastungen städtischer Infrastruktur, der Modernisierungstau und Attraktivitätsverlust innerstädtischen Wohnbaubestandes, sowie Arbeitsmarktdefizite und Abwanderungstendenzen aus betroffenen Innenstädten stellen besondere Herausforderungen an integrierte Stadtentwicklungskonzepte und regional steuernde Zielvorgaben, die informatorisch unterstützt werden wollen. Vereinfacht gesagt reicht es heute nicht mehr aus, die Menge und Lage von Wohnbau- und Gewerbeflächenpotenzialen zu analysieren, um vorausschauende Flächenpolitik betreiben zu können. Es ist vielmehr zu erwarten, dass die Nutzungseffizienz bestehender baulich geprägter Flächen die zukünftig maßgebende Größe im Flächenmonitoring sein wird. Dazu zählen Baulücken, Leerstände, Brachflächen und daraus abgeleitete Aussagen zur Infrastrukturauslastung, die für Projekte im Stadtbau vorgehalten werden müssen (vgl. Weidner, 2005; Fina, Zakrzewski et al., 2009).

### 3 RAUMANALYSE

#### 3.1 Ausgewählte Methoden und Datengrundlagen

Die Raumanalyse oder Raumanalytik ist die „quantitative, meist sekundärstatistische Analyse der räumlichen Ordnung von Sachverhalten, welche als Verteilungsmuster von Objekten, deren Interaktionen und verortete Flächennutzungen betrachtet und beschrieben werden. Ein weiterer Ansatz ist mit Hilfe einer qualitativen Analyse über primärstatistische Erhebungen und Auswertungen möglich.“ (Gabler Wirtschaftslexikon, 2011).

- Eine wichtige Aufgabe der Raumanalytik besteht deshalb zunächst darin, diese Verteilungsmuster von Objekten in **raumstrukturellen Typologien** zu „bändigen“. Darunter fallen z.B. die Abgrenzung von Verdichtungs- oder Agglomerationsräumen von suburbanen oder ländlichen Gebieten, die Definition von siedlungsstrukturellen Gebietstypen, zentralen Orten, Metropolregionen oder auf europäischer Ebene der *Functional Urban Areas* (FUR) oder *Larger Urban Zones* (LUZ). Neben grundlegenden Informationen zu baulichen Charakteristika und Bevölkerungszahlen sind für derartige Raumabgrenzungen häufig Standorteigenschaften zu Versorgungseinrichtungen des täglichen Lebens notwendig, die häufig besser in den Datenstrukturen kommerzieller Anbieter verfügbar sind als in amtlichen Geobasisdaten (z.B. Firmendatenbanken,

Points of Interest, etc.). So können damit zum Beispiel Fragestellungen zur zentralörtlichen Funktion eines Ortes oder zur Ermittlung von Kennwerten zur Daseinsvorsorge beantwortet werden. Zudem sind hier Interaktionsmuster zwischen Gebietseinheiten auszuwerten, z.B. über die Erreichbarkeit von Versorgungseinrichtungen und Pendlerstrukturen von Stadt und Umland. Auch hier sind die Daten kommerzieller Anbieter (Straßen, Points of Interest, Firmendaten) aufgrund ihrer hohen Aktualität und Auswertbarkeit in GIS-basierten Netzwerkanalysen wichtige Bestandteile in der Operationalisierung entsprechender Schlüsselwerte.

- Im **Monitoring und Controlling** nachhaltiger Flächenentwicklung werden eine Reihe von raumanalytischen Instrumenten eingesetzt, zum Beispiel um über die Abbildung einzelner Wirkungsdimensionen (Fläche, Struktur, Dichte) der Flächennutzung einen vergleichenden Bewertungsrahmen für Indikatoren der Landschaftszersiedelung aufzubauen. Die **Indikatorbildung** beruht dabei zumeist auf der Auswertung von Geobasisdaten und raumbezogener statistischer Kennziffern, die mit Hilfe analytischer Verfahren Auskunft über leitbildbezogene Ziele der Raumentwicklung geben. Die Qualität der Datengrundlagen ist dabei für die Umsetzung aussagekräftiger Indikatoren entscheidend und basiert auf vielfältigen statistischen und räumlichen Datenquellen (vgl. Umweltbundesamt, 2004; Penn-Bressel, 2009; Siedentop und Fina, 2010). Von hoher Komplexität in der Abbildung raumwirksamer Prozesse sind multi-kriterielle Analysemethoden, z.B. zur Erklärung der Triebkräfte der Flächeninanspruchnahme. Dabei werden zahlreiche Einzelindikatoren zur Quantifizierung von Nachfrage- und Angebotsfaktoren in **statistische Erklärungsmodelle** eingespeist (z.B. Bevölkerungsdruck, wirtschaftliche Entwicklung, Baulandangebot, finanzielle Anreize, usw.), um den Einfluss der Einzelfaktoren zu identifizieren - mit entsprechend hohem Aufwand in der Datenerfassung und -harmonisierung (vgl. Siedentop, Heiland et al., 2007; LUBW, 2007).
- Raumanalytische Methoden werden im Hinblick auf die Zielerreichung politischer Vorgaben in zunehmendem Masse auch in der Entwicklung von **Szenarien** eingesetzt und dort mit soziodemografischen und ökonomischen Prognosedaten gekoppelt. Voraussetzung sind disaggregierte Eingangsdaten für die Definition von Szenarien, häufig in der Form von Indikatoren, die in Expertenworkshops definiert und ausgewählt werden. Die Planungsrelevanz der Szenariotechnik liegt auf der Hand: über die Modellierung der komplexen Wirkungszusammenhänge der Flächeninanspruchnahme werden theoretische planerische Gestaltungsmöglichkeiten im Kontext gesamtgesellschaftlicher Entwicklungen getestet und als Informationsinstrument für Entscheidungsfindungsprozesse zur Verfügung gestellt (vgl. Distelkamp, Mohr et al., 2011).
- In der Regionalplanung werden **Standortanalysen** für die Realisierung von Infrastrukturprojekten zunehmend datenintensiv. So sind z.B. gesetzliche Vorschriften zur Positionierung von Windkraftanlagen mit Beschränkungen behaftet, die eine Überlagerung von Restriktionsdaten aus unterschiedlichen Fachbereichen ((Naturschutz, Lärmschutz, Sichtbarkeit), aber auch die Verfügbarkeit von Daten zu Eignungskriterien (Windhöflichkeit, Erreichbarkeit, Netzanschluss) voraussetzen.
- In der Maßstäblichkeit von Stadtregionen bis zu Stadtquartieren werden **strategische Modelle** und **Simulationen** zur Bedarfsplanung technischer Infrastruktur entwickelt, die mit räumlichen Daten zur Soziodemografie gekoppelt werden (Verkehr, Wasserversorgung, Elektrizität, etc.). Mit der Perspektive schwindender Nachfrage in schrumpfenden Gebieten sind hier auch Prognosedaten und Szenariotechniken einzusetzen.

### 3.2 Datenintegration

So unterschiedlich die raumanalytischen Ansätze dieser Beispiele sein mögen, die Herausforderungen ähneln sich dennoch, und bestehen hauptsächlich in der Vernetzung heterogener Datenstrukturen in räumlichen Datenmodellen. So sind neben den Geobasisdaten ökonomische und soziodemografische Variablen zu integrieren, die vielfach aus der amtlichen Statistik entnommen werden können, aber auch von kommerziellen Anbietern erworben oder selbst erhoben werden (z.B. Beschäftigtenkennziffern von der Bundesagentur für Arbeit, Firmendaten von Marketingdienstleistern, Haushaltsinterviews, etc.). Der pragmatische Weg der Datenintegration ist hier die Kennzeichnung von räumlich zusammengehörigen Objekten (z.B. Gemeinde XY - Altersstruktur dieser Gemeinde) über einen eindeutigen Schlüsselwert (z.B.



Amtlicher Gemeindeschlüssel AGS). Aus organisatorischen Gründen ist die Trennung von Geoobjekten von statistischen Daten nicht nur wegen des Datenaustauschs zwischen verschiedenen Anbietern sinnvoll, sondern auch aufgrund der verschiedenen Aktualisierungsintervalle zwischen Geodaten und Statistik. Zudem ermöglicht eine Schlüsselssystematik wie der AGS die Zusammenfassung der Verwaltungshierarchie, z.B. von der Gemeinde- über die Kreis- bis zur Länder- und Bundesebene (vgl. Schumacher und Meinel, 2009). Schwierig ist hier dagegen die Anbindung von Statistikdaten, wenn sich Gebietsstände und damit die Schlüssel der Geoobjekte (z.B. AGS) geändert haben. Da Gebietsstände mit zunehmendem Detaillierungsgrad Veränderungen unterworfen sind (z.B. Gemeindegebietsreformen), wird die räumliche Implementierung der Dimension Zeit von entscheidender Bedeutung. Relationale Datenbanksysteme sind technisch ohne Weiteres in der Lage, über Methoden der Versionierung verschiedene Zeitstände für verschiedene Gebietsstände effizient zu speichern („Historisierung“) und einheitlich zur Verfügung zu stellen. Anspruchsvoller ist jedoch die Organisation der zeitlichen Konsistenz in den Datenmodellen, die von den Geodatenprovidern implementiert und vertrieben werden.

Gleichzeitig extrahieren raumanalytische Anwendungen über Überlagerungsroutinen Planungsfachdaten aus primären Geodatenquellen (z.B. Schutzgebiete, Regionale Grünzüge): dort entstehen über „Verschneidung“ aus sogenannten Analysedaten neue, planerisch festgelegte „Planungsdaten“. Die technischen Voraussetzungen sind dabei durchaus anspruchsvoll, die entsprechenden Softwarewerkzeuge auf Verwaltungsebene nicht immer verfügbar. Initiativen zur Harmonisierung dieser Fachdaten sollen die Handhabung und den Austausch räumlicher Planungsinformationen erleichtern. Ein vielversprechender Ansatz ist dabei die Schnittstelle XPlanGML, die derzeit im Rahmen der E-Government Initiative der Bundesregierung implementiert und vom Deutschen Städtetag unterstützt wird. Im Rahmen des Projektes XPlanung wird in erster Linie das Ziel verfolgt, den verlustfreien Austausch von raumbezogenen Planwerken wie Bauleitplänen, Regionalplänen oder Landschaftsplänen zwischen unterschiedlichen IT-Systemen zu ermöglichen. Zusätzlich soll aber auch die Anbindung anderer standardisierter Fachdatenmodelle (XStrasse, XAgro) zum Austausch von Geodaten der öffentlichen Verwaltung ermöglicht werden, die für die verschiedenen in Abbildung 1 dargestellten Interessengruppen von Belang sind (vgl. Benner, Einig et al., 2008).

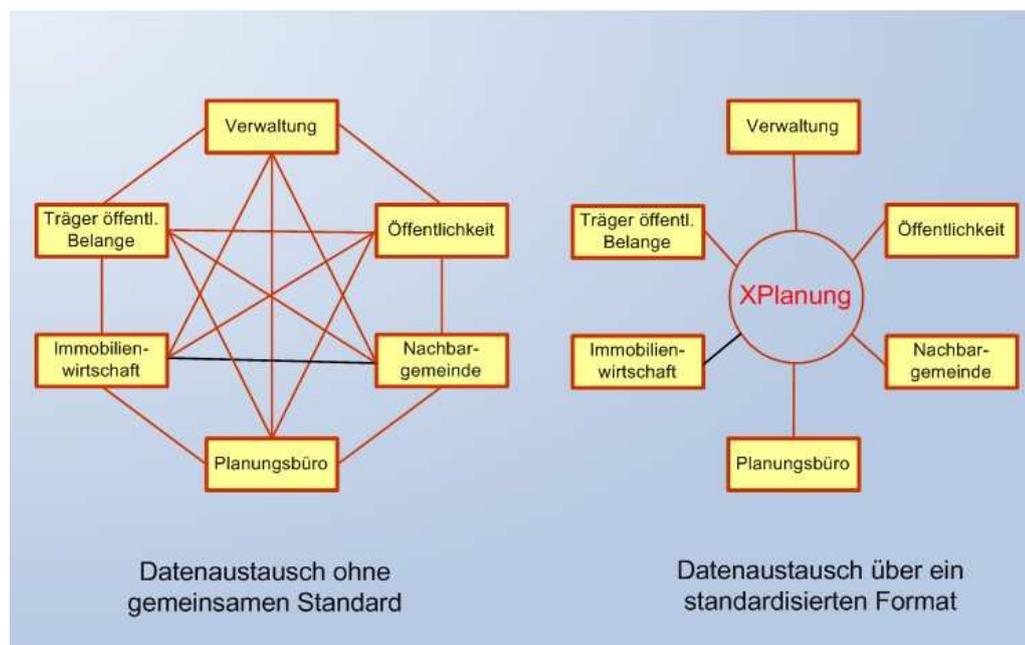


Abbildung 15: Verbesserung des Geodaten austauschs über die Schnittstellen von XPlanung (Quelle: <http://www.iai.fzk.de/www-extern/index.php?id=679>, letzter Zugriff 25. März 2011).

Aus Anwendersicht sind diese Entwicklungen zwar durchaus begrüßenswert, da sie die Möglichkeit bieten, neben dem Monitoring von Raumzuständen geplante Entwicklungen in ein umfassendes Controlling einzustellen. Die Verfügbarkeit von Dateninhalten und Softwareschnittstellen zu den gängigen Analysewerkzeugen ist allerdings noch als wenig fortgeschritten zu bezeichnen, im praktischen Einsatz spielen sie deshalb kaum eine Rolle. Ähnliches gilt für die Datenformate der Landesvermessung: auch wenn hier die Dateninhalte vorhanden sind, ist die Bereitstellung in verwertbaren GIS-Formaten nach wie vor mit

hohem Aufwand verbunden, bzw. teilweise nur unter Informationsverlusten möglich. So sind zwar eine Reihe von Konvertierungswerkzeugen für die normbasierte Austauschschnittstelle (NAS) des AAA-Modells der Landesvermessung entwickelt worden, die Umsetzung der verschiedenen Ausbaustufen (momentan GDI 6.0) erfolgt jedoch zumeist über die Weitergabe der Daten in GIS-kompatiblen, aber inhaltlich limitierenden Standardformaten wie der Shapedatei.

### 3.3 Flächenstatistik und Katasterinformationssysteme

Für das Flächenmonitoring ist die sukzessive Ablösung des Katasterinformationssystems ALK/ALB von besonderer Bedeutung, da dieses seit vielen Jahren die für Bewertungen der Flächennutzungsentwicklung in Deutschland verwendet wird (vgl. Siedentop und Fina, 2010). Auf der Bundes- und Landesebene halten die Statistischen Ämter die wichtigsten Informationen über Sekundärstatistiken vor. Der Informationsbedarf besteht hier vor allem in der Trendanalyse der Entwicklung von Siedlungs- und Verkehrsflächen, die für die Überprüfung der Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung in der Flächenpolitik eingesetzt werden. Primärdatenquelle sind die Flächenbilanzen der Automatisierten Liegenschaftsbücher (ALB) bzw. zukünftig des Automatisierten Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) der Vermessungsämter. Die auch als „Flächenstatistik“ bezeichnete Bilanzierung über verschiedene Raumbezugsebenen wird zum Jahresende (Siedlungs- und Verkehrsfläche) bzw. alle vier Jahre (gesamte Flächennutzung) als „Flächenerhebung nach Art der Tatsächlichen Nutzung“ (FeTN) veröffentlicht. Länderspezifische Erfassungstiefen von Nutzungsarten werden über ein vorgeschriebenes Mindestveröffentlichungsprogramm auf Bundesebene harmonisiert. Bei der Überführung von ALB/ALK in ALKIS gibt es eine Rückmigration in das derzeit gültige Format (vgl. Droste und Gärtner, 2008).

In der Praxis stößt man im Zusammenhang mit der Datenkonsistenz auf mehr oder minder schwer wiegende Verzerrungen. In der Flächenstatistik sind insbesondere zeitliche Änderungen in der Anwendung der Nutzungsartenkataloge Ursache für politisch brisante Unstimmigkeiten von Längsschnittauswertungen. Bekanntestes Beispiel ist der weitestgehend unbekannte Anteil des Siedlungsflächenzuwachses, der der Umwidmung von innerstädtischen landwirtschaftlichen Nutzflächen oder Wäldern in Erholungsflächen geschuldet ist, und bei Unkenntnis der konstituierenden Bestandteile der Siedlungsfläche zu fehlerhaften Bewertungen der Siedlungsentwicklung führt (vgl. Dosch, 2008). Aus Sicht der Katasterbehörden sind diese Sprünge dadurch erklärbar, dass z.B. in der Stadt Münster nach einer Befliegung im Jahr 2008 eine Mitarbeiterin die Erholungsflächen komplett neu erfasst - mit dem Ergebnis, dass ein Zuwachs von einem Quadratkilometer im Kataster eingetragen wird (vgl. Interviews in Siedentop und Fina, 2010).

Zusätzliche Qualitätsfragen stellen sich bezüglich der Unterschiede zwischen den Erhebungsmethoden der Länder. Die Flächenerhebung nach Art der Tatsächlichen Nutzung ist zwar über Fortführungserlasse der Innenministerien (die letztendlich auf das Agrarstatistikgesetz des Bundes zurückgehen) als Sekundärstatistik für die zeitliche Auswertung gedacht, die darin erfassten Objekte werden jedoch im Hinblick auf den Erfassungsaufwand von Seiten der Vermessungsämter mit anderweitigem Fokus gepflegt:

„Statistische Auswertungen mit Katasterflächen waren aus Sicht der Vermessung nie angedacht und sind zwangsläufig im Zeitverlauf fehlerbehaftet. Im Kataster werden die fachlichen Angaben zu den Flurstücken geführt und es wird versucht, z.B. bei der tats. Nutzung einen plausiblen Wert zu erfassen. Das Zusammenfassen von Nutzungen zu „100er-Gruppen“, verbunden mit der statistischen Aussage über „Landverbrauch (Versiegelung ...)“ ist fragwürdig, wenn nicht auffällt, dass landwirtschaftliche Flächen in Erholungs-Freiflächen übergehen. Die Fortführungskollegen können nicht auch noch „statistische Konsequenzen“ ihrer Tätigkeit berücksichtigen.“ (Vermessungsamt der Stadt Münster, zitiert nach Siedentop und Fina, 2010, S.22).

Die Weiterführung der Katasterinformationssysteme in ALKIS und der daraus abgeleiteten Flächennutzungsstatistik birgt nun ebenfalls die Gefahr, dass Umstellungseffekte auftreten, die die Konsistenz von Zeitreihen beeinflussen. Potentielle Verzerrungen können nicht nur der Reduzierung der Objektarten im Nutzungsartenkatalog geschuldet (z.B. Wegfall von Betriebsflächen), sondern auch Konsequenz struktureller Verschiebungen durch den Wechsel von flurstücksbasierter Erfassung zu objektorientierten Methoden der Datenmodellierung sein (vgl. Schauer, 2010). Ein Vergleich der verschiedenen amtlichen Informationsgrundlagen für das Land Nordrhein-Westfalen ergab hier jedoch keine größeren Auffälligkeiten (vgl. Siedentop und Fina, 2010). Abbildung 2 zeigt für eine ausgewählte Kommune, die die ALKIS-Umstellung schon vollzogen hat, keine nennenswerten Diskrepanzen zwischen



den Flächensummen des Katasterwesens (Flächenstatistik 2008, ALKIS 2010, zu den ATKIS Vergleichswerten siehe nächster Abschnitt), die Anstiege in ALKIS sind plausibel. Die Umstellung der Datenmodelle scheint auf Grundlage dieser Auswertung also stimmige Daten zu liefern. Abzuwarten bleibt jedoch, ob dies auch bei einer langfristigen Anwendung der neuen Systeme in der Neuerfassung von Dateninhalten gewährleistet werden kann - bislang handelt es sich ja hauptsächlich um Konvertierungen bestehender Datenbestände.

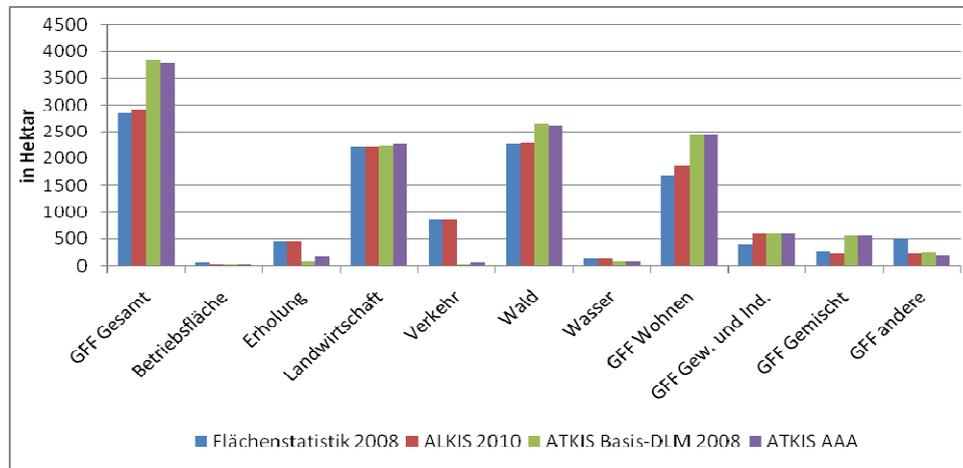


Abbildung 16: Vergleich amtlicher Informationsquellen zur Erfassung der Flächennutzung für eine Kommune in Nordrhein-Westfalen (eigene Darstellung, Datenrechte bei der Bezirksregierung Köln und der Stadt Solingen).

Die Weiterführung der Katasterinformationssysteme in ALKIS und der daraus abgeleiteten Flächennutzungsstatistik birgt deshalb die Gefahr, dass Umstellungseffekte auftreten, die die Konsistenz von Zeitreihen beeinflussen. Potentielle Verzerrungen können nicht nur der Reduzierung der Objektarten im Nutzungsartenkatalog geschuldet (z.B. Wegfall von Betriebsflächen), sondern auch Konsequenz struktureller Verschiebungen durch den Wechsel von flurstücks-basierter Erfassung zu objektorientierten Methoden der Datenmodellierung sein (vgl. Schauer, 2010).

Im Hinblick auf die politikberatende Interpretation dieser Daten sind darauf basierende Auskunftssysteme der Raumbewertung zwangsläufig mit Unsicherheiten behaftet. Als Bestandteil der gesetzlich verankerten Berichterstattung über die Raumentwicklung finden diese Datengrundlagen zum Beispiel über die Auskunftssysteme der Nationalen Geodatenbasis des BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) Eingang in die Debatten um die Reduktionsziele der Bundesregierung im Flächenverbrauch („30-ha Ziel“). Argumente für und wider die Stabilität der Datengrundlagen prägen deshalb die Diskussion um die Erfolge der nationalen Zielvorgaben des Flächenparens, die daraus abgeleitet werden.

Als zweite flächenpolitische Zielvorgabe gilt die Stärkung der Innenentwicklung im Verhältnis 3:1 zwischen wiedergenutzten Baulandpotenzial im Bestand und neu erschlossenen Baugebieten im Außenbereich. Die Informationslücke über die Verfügbarkeit mobilisierbarer Flächenreserven im Innenbereich wird vielerorts beklagt, bisherige Brachflächen- und Baulückenkataster sind hauptsächlich Insellösungen (Siedentop, 2006). Zwar gibt es die entsprechenden Nutzungsarten in den Datenmodellen von ALK und ALKIS als „Bauplatz“ (Position 291) bzw. „Fläche mit ungenutztem Gebäude“ (Position 292), eine Aufnahme von Flächennutzungsänderungen in diese Posten erfolgt jedoch erst, wenn eine neue Nutzung gemeldet wird. In der Praxis bedeutet dies, dass der Posten „Bauplatz“ hauptsächlich für neue Bebauungspläne verwendet und bei Baufertigstellung aktualisiert wird, während „Flächen mit ungenutzten Gebäuden“ - da in den seltensten Fällen für Neuvermessungen gemeldet - weder aktuell noch vollständig sein können (vgl. Interviews in Siedentop und Fina, 2010). Eine konsequentere Nutzung dieser Posten mit hochaktuellen Erfassungsregeln wäre deshalb ein wichtiger Schritt in die Automatisierung von Brachflächen- und Baulückenkatastern durch Geobasisdaten (Jörissen und Coenen, 2007; Penn-Bressel, 2009).

### 3.4 ATKIS

Andere Fachinformationssysteme zur Flächennutzung stützen sich auf die Datenquelle des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems ATKIS (z.B. Siedlungs- und Freiraummonitor des

Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung<sup>1</sup>). Der entscheidende Vorteil besteht in der Möglichkeit, die Lage und Struktur der Flächennutzung zu bewerten. Allerdings sind derzeit noch keine Analysen über verschiedene Zeitstände möglich, die Auskunft über Entwicklungstendenzen im Flächenverbrauch geben könnten. Hierfür wären konsistente Ausbaustufen von ATKIS notwendig, die von Seiten der Landesvermessung allerdings auch zukünftig nicht angeboten werden können. Darüber hinaus ist die Vergleichbarkeit zwischen ATKIS Flächenbilanzierungen im Hinblick auf die politisch formulierten Ziele der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke stark eingeschränkt. Ursache hierfür ist die Erfassungsmethodik, die in ATKIS eine andere fachliche Sicht auf die Landschaft wiedergibt als das der Flächenstatistik zugrunde liegende Katasterwesen (vgl. Siedentop und Fina, 2010, S.29). So werden z.B. Verkehrsflächen in ATKIS nicht explizit als Flächen geführt, sondern müssen über die Pufferung von Liniensegmenten - auf der Grundlage von Attributen, die Auskunft über die Anzahl der Fahrspuren oder die Trassenbreite geben - annäherungsweise erzeugt werden. In diesem Sinne ist der Vergleich von Flächenbilanzen zwischen ATKIS und katasterbasierter Flächenstatistik nicht zielführend, da die Diskrepanzen den unterschiedlichen, fachlich gewollten Datenmodellen und der Maßstäblichkeit der Betrachtung geschuldet sind (siehe Abbildung 3). Die Harmonisierung der Datenkataloge im AAA-Modell der AdV bezieht sich – und dies wird häufig missverstanden – explizit nicht auf die Dateninhalte und deren Erfassungskriterien.

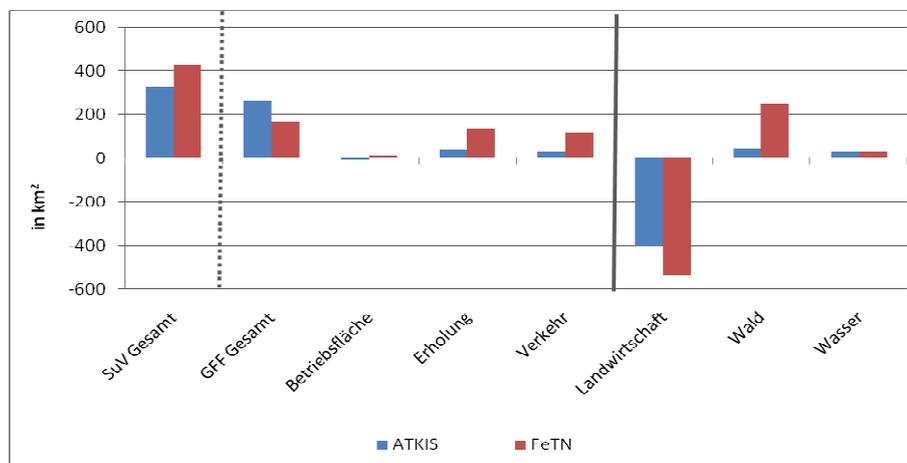


Abbildung 17: Vergleich zwischen den Nutzungsartensummen aus ATKIS und Flächenerhebung nach Art der Tatsächlichen Nutzung (FeTN) in Nordrhein-Westfalen, 2008 (eigene Darstellung, Datenrechte bei der Bezirksregierung Köln).

Auch wenn ATKIS deshalb für ein Monitoring der politischen Zielsetzungen des „Flächensparens“ nicht geeignet ist, beinhaltet es doch Informationspotentiale, die im Zusammenspiel mit der Nationalen Geodatenbasis immer wichtiger werden. Die Ansprüche an das Flächenmonitoring, die über die Erfolge von Strategien und Instrumenten zur Reduzierung des Flächenverbrauchs Auskunft geben sollen, orientieren sich nämlich zunehmend an Lageeigenschaften und Eignungskriterien von Siedlungsflächen und damit verbundener Infrastruktur. Hier bietet das Objektmodell von ATKIS die Möglichkeit, die topographischen Voraussetzungen für Siedlungsflächenerweiterungen in Beziehung zu bestehenden Infrastrukturen zu setzen, die Bestandteil des Datenmodells sind (z.B. Verkehr, Elektrizität) und über intelligente Indikatoren Aussagen zur Nutzungseffizienz von Siedlungsstrukturen abzuleiten (vgl. Siedentop, Heiland et al., 2007). Zudem besteht für die Zwecke der Regionalplanung die Möglichkeit, infrastrukturelle Erschließungsplanungen (z.B. Energieversorgung, Verkehrsnetzplanung) informatorisch zu unterstützen. Darunter fallen positivplanerische Gebietsfestlegungen zu Eignungsgebieten oder zur allgemeinen Bewertung von Standortgunst. Über die Verschneidung mit fachplanerischen Datengrundlagen können aber auch negativ überplante Flächen daraus abgeleitet werden, z.B. Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete und / oder Instrumente des Freiraumschutzes (z.B. Bodenschutz, Naturschutz, Gewässerschutz).

Aus Anwendersicht besteht für den Einsatz von ATKIS als Datengrundlage für kleinmaßstäbliche Analysen die Einschränkung, dass die Kosten extrem hoch sind. Der entgeltfreie Zugang über das Geodatenzentrum des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie ist zwar für staatliche Stellen möglich, bislang wurde die in den Entwürfen des Geodatenzugangsgesetzes angedeutete Ausdehnung dieser Nutzenvorteile auf nicht

<sup>1</sup> [www.ioer-monitor.de](http://www.ioer-monitor.de), letzter Zugriff am 3. März 2011.



Datenschutzrechtlich problematisch dagegen sind Haushaltsdaten oder gebäudescharfe Versorgerdaten. Der planerische Wert z.B. für die Identifizierung von Leerständen für den Stadtumbau liegt auf der Hand. Gleichzeitig gilt jedoch, dass „Einzelangaben über persönliche und sachliche Verhältnisse einer bestimmten Person nach § 3 Abs.1 Bundesdatenschutzgesetz geschützt [sind]“ (Bernsdorf, 2008, S.75) und deswegen für raumanalytische Zwecke in der Regel nicht zur Verfügung stehen.

### 3.6 Fernerkundung

Der systematische Einsatz von fernerkundlichen Datenquellen wird zukünftig möglicherweise eine Lücke in der deutschen Geodatenlandschaft bzgl. dreidimensionaler Gebäudeobjekte schließen. Zwar spielen Satelliten- und Luftbilder bislang eher in der Produktion von Geobasisdaten eine wichtige Rolle, hochaufgelöste Fernerkundungsdaten sind aber nun in der Lage, neben feinträumlichen Stadtstrukturen Gebäudeobjekte verlässlich zu erkennen und als Vektordaten zur Verfügung zu stellen. Da die Implementierung der zwar vorgesehenen, aber bislang nur von wenigen Stadtmessungsämtern zur Verfügung gestellten 3D-Gebäudeobjekte nicht durch alle Landesvermessungsämter realisiert wird, werden Fernerkundungsdaten in Kombination mit Laserscaninformationen eine wichtige Alternative. Einsatzbereiche sind vor allem in der Analyse von Stadtstrukturen, im Flächenmanagement, und über zukünftige Zeitreihen in der Entwicklung von Indikatoren zur Gebäudeentwicklung denkbar (vgl. Fina, Taubenböck et al., 2010).

## 4 SYNTHESE

In diesem Beitrag wurden Entwicklungen auf dem Geodatenmarkt aufgezeigt, die eine Reihe innovativer Raumanalysen unterstützen. Gleichzeitig wurde deutlich, dass die Ansprüche an informatorische Instrumente in der Flächenpolitik extrem hoch und aufwändig sind. Sind Indikatoren zu Zustand / Intensität und Entwicklung der Flächennutzung noch aus Geobasisdaten der amtlichen Landesvermessung (ALK, ATKIS, Orthophotos) ableitbar, so bedürfen Monitoringansätze zur ökologischen Verträglichkeit und Regulierung von Flächenentwicklung im Flächenmanagement der Vernetzung zahlreicher Datenbasen in komplexen Informationssystemen.

Darüber hinaus werden zunehmend Forderungen nach der Bereitstellung von Informationen laut, die über die Auswertung von Sekundärstatistiken hinausgehen, vor allem aus dem Bereich des Flächenmanagements. Die Kombination von Analyse- und Planungsdaten, von Prognosen und als Szenarien formulierten Entwicklungsoptionen ist hier die Voraussetzung, wie sie auch in den Ausführungen zu den Methoden der Raumanalyse angesprochen wurden.

Aus Sicht des Anwenders wäre deshalb eine flexible Zugriffsmöglichkeit auf sekundär- und primärstatistische Daten der Katasterinformationssysteme wünschenswert, ergänzt durch feinträumliche soziodemografische Daten, wie sie von Datenanbietern des Geomarketings angeboten werden. Im Bereich der Geobasisdaten ist der organisatorische und technische Aufwand allerdings aufgrund der Datenmengen und der unterschiedlichen Formate der ALK bislang kaum zu bewältigen. Alternativen wie das Digitale Landschaftsmodell sind entweder nicht multitemporal auswertbar (d.h. es können keine klaren Aussagen zur Siedlungsentwicklung getroffen werden), oder Aktualität und Erfassungsgenauigkeit sind eingeschränkt. So stützt sich die Politikberatung auf Bundes- und Landesebene weiterhin vornehmlich auf flächendeckende, hochaggregierte Informationen zur Mengensteuerung des Flächenverbrauchs, während konkrete Anwendungen im Flächenmanagement entweder aufwändige eigene Erhebungen leisten müssen oder an den fehlenden Datengrundlagen scheitern.

Die Herausforderung für den Anwender besteht deshalb darin, bis zur tatsächlichen Verfügbarkeit zeitreihenfähiger, robuster Katasterdaten alternative Datenquellen für diese Aufgaben zu operationalisieren. Die in diesem Beitrag erläuterten Einsatzmöglichkeiten, aber auch Einschränkungen für Katasterinformationen, ATKIS und statistische Daten mögen dem Anwender Entscheidungshilfe für den praktischen Einsatz sein.

## 5 REFERENCES

Benner, J., K. Einig, et al. (2008). Abschlussbericht zum Projekt XPlanung: Weiterentwicklung des Objektmodells für Landschafts- und Regionalplanung. Deutschland Online. M. f. W. Bundesministerium des Innern, Mittelstand und Energie des Landes NRW. Karlsruhe.



- Bernsdorf, B. (2008). Die Herausforderungen des Geodaten-Marktes. Handbuch Geomarketing. M. Herter und K.-H. Mühlbauer. Heidelberg, Wichmann Verlag: 74-80.
- Birkmann, J., H. Koitka, et al. (1999). Indikatoren zur Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltiger Entwicklung. Indikatoren für eine nachhaltige Raumentwicklung. I. f. R. (IRPUD). Dortmund, Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.
- Deutscher Bundestag (2008). Zweiter Bericht der Bundesregierung über die Fortschritte zur Entwicklung der verschiedenen Felder des Geoinformationswesens im nationalen, europäischen und internationalen Kontext. 16/10080
- Distelkamp, M., K. Mohr, et al. (2011). 30-ha-Ziel realisiert – Konsequenzen des Szenarios Flächenverbrauchsreduktion auf 30 ha im Jahr 2020 für die Siedlungsentwicklung. B. u. S. B. Bundesministerium für Verkehr und B. f. B. u. R. (BBR). Osnabrück.
- Dosch, F. (2008). Siedlungsflächenentwicklung und Nutzungskonkurrenzen. TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG – Theorie und Praxis 17, 41-51
- Droste, L. und M. Gärtner (2008). "Eine kurze Geschichte der Nutzungsarten und ihr Nachweis im Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®)." Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungswesen Nordrhein-Westfalen (NÖV) 1/2008: 23-34.
- Fina, S., H. Taubenböck, et al. (2010). Planungsrelevante Messgrößen der Stadtentwicklung - was leisten hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten? Fernerkundung im urbanen Raum. H. Taubenböck und S. Dech. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Fina, S., P. Zakrzewski, et al. (2009). "Suburban Crisis? Demand for Single Family Homes in the Face of Demographic Change." Europa Regional 17(1): 2-14.
- Franke, M. (2008). Räumliche Strukturen. Handbuch Geomarketing. M. Herter und K.-H. Mühlbauer. Heidelberg, Wichmann Verlag: 40-52.
- Gabler Wirtschaftslexikon (2011). "Stichwort: Raumanalyse." Retrieved 4.3.2011, from <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/14998/raumanalyse-v6.html>.
- infas Geodaten (2011, 20. März 2011). "Datenkatalog Geodaten." from [http://www.infas-geodaten.de/fileadmin/media/pdf/katalog/geodaten\\_katalog.pdf](http://www.infas-geodaten.de/fileadmin/media/pdf/katalog/geodaten_katalog.pdf).
- Jörissen, J. und R. Coenen (2007). Sparsame und schonende Flächennutzung: Entwicklung und Steuerbarkeit des Flächenverbrauchs. Berlin, Ed. Sigma.
- Keiner, M. (2005). Planungsinstrumente einer nachhaltigen Raumentwicklung: Indikatorenbasiertes Monitoring und Controlling in der Schweiz, Österreich und Deutschland. Salzburg, Selbstverlag Geographie Salzburg.
- Kiehle, C. und M. Burgdorf (2009). Interaktive Karten und Profile als Instrument in der Laufenden Raumbewertung. Angewandte Geoinformatik. Beiträge zum 21. AGIT-Symposium, Salzburg.
- LUBW (2007). Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg. LUBW. Karlsruhe.
- Ministerkonferenz für Raumordnung (2009). Flächensparen als Aufgabe der Raumordnung: Beiträge der Raumordnung im Rahmen der weiteren Zusammenarbeit von Bund und Ländern zur nachhaltigen Entwicklung. B. z. E. u. Flächensparen. Berlin, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung,.
- Penn-Bressel, G. (2009). Umweltindikatoren: Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr sowie weitere relevante Indikatoren zum Zustand von Flächen und Böden. Flächennutzungsmonitoring: Konzepte, Indikatoren, Statistik. U. Schumacher und G. Meinel. Aachen, shaker Verlag: 71-103.
- Schauer, J. (2010). Neue Grundlage der amtlichen Flächennutzungsstatistik: ALKIS - Chancen und Probleme. Flächennutzungsmonitoring II - Konzepte, Indikatoren, Statistik. U. Schumacher und G. Meinel. Dresden, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung. IÖR Schriften Band 52: 67-78.
- Schumacher, U. und G. Meinel (2009). ATKIS, ALK(IS), Orthobild - Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings. Flächennutzungsmonitoring: Konzepte, Indikatoren, Statistik. U. Schumacher und G. Meinel. Aachen, shaker Verlag: 47-67.
- Siedentop, S. (2006). Regionale Flächeninformationssysteme als Bestandteile des Regionalen Flächenmanagements – Entwicklungsstand und Perspektiven. Flächenmanagement. Grundlagen für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung mit Fallbeispielen aus Bayern. H. Job und M. Pütz. Hannover, Akademie für Raumforschung und Landesplanung: 67-83.
- Siedentop, S. (2006). Regionale Flächeninformationssysteme als Bestandteile des Regionalen Flächenmanagements – Entwicklungsstand und Perspektiven. Flächenmanagement. Grundlagen für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung mit Fallbeispielen aus Bayern. H. Job und M. Pütz. Hannover, Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Arbeitsmaterial, Nr. 322: S. 67-83.
- Siedentop, S. und S. Fina (2010). Datengrundlagen zur Siedlungsentwicklung. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Stuttgart, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung.
- Siedentop, S. und S. Fina (2010). "Monitoring urban sprawl in Germany: towards a GIS-based measurement and assessment approach." Journal of Land Use Science 5(No 2, June 2010): 73-104.
- Siedentop, S., S. Heiland, et al. (2007). Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen, Heft 130. B. f. B. u. Raumordnung. Bonn, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Siedentop, S., R. Junesch, et al. (2009). Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. . Forschungen. B. f. B. u. Raumordnung. Bonn.
- Umweltbundesamt (2004). Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr - Materialienband. UBA-Texte 90/03. Umweltbundesamt. Berlin, Umweltbundesamt.
- Weidner, S. (2005). Stadtentwicklung unter Schrumpfbedingungen. Leitfaden zur Erfassung dieses veränderten Entwicklungsmodus von Stadt und zum Umgang damit in der Stadtentwicklungsplanung. Institut für Baubetriebswesen, Bauwirtschaft und Stadtentwicklung. Leipzig, Universität Leipzig.

***ANHANG B-2: 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.***

## **Monitoring urban sprawl in Germany: towards a GIS-based measurement and assessment approach**

S. Siedentop\* and S. Fina

*Institute of Regional Development Planning, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany*

*(Received 2 April 2008; final version received 11 December 2008)*

During the 1990s, the phenomenon of urban sprawl received growing attention in the international planning debate. However, a survey of the literature yields no agreement in terms of defining and measuring urban sprawl. The absence of a common understanding constrains the analysis of sprawl's causes, costs and non-monetary consequences as well as the formulation of planning strategies towards economically, ecologically and socially acceptable land use patterns. On this background, we present an indicator-based framework for the measurement and assessment of urban sprawl and the quantitative derivation of certain sprawl types described in this article. The GIS-based tool relies on the assumption that sprawl is a multidimensional phenomenon which can be measured only with a multiple-indicator approach. We introduce indicators that refer to three specific impact dimensions of urban sprawl (density, pattern and surface) and present single-indicator and aggregated maps for the whole territory of Germany. The article ends with some conclusions on how to effectively implement the model within the existing national and state land use monitoring approaches.

**Keywords:** urban sprawl; land use; urban form; indicator; monitoring

### **1. Introduction**

In 2002, the German federal government adopted its first sustainability strategy titled 'Perspectives for Germany' (Bundesregierung 2002). One of the strategy goals is to reduce the rate of conversion of non-urban to urban land uses from 130 hectares per day in 2000 to 30 hectares per day in 2020. The government argues that land consumption and landscape fragmentation, important aspects of 'urban sprawl', are to be acknowledged as key drivers of species loss and landscape deterioration (Bundesregierung 2002, p. 99). In a subsequent evaluation report (Bundesregierung 2004), the government further stressed the importance of a less land-consumptive urban development.

Nevertheless, the so-called '30-hectare goal' triggered an intensive and controversial debate over the potential outcomes of restraining land consumption through governmental growth-management policies. Critics dispute the environmental justification of the 30-hectare benchmark and point to economically and socially adverse implications of limiting the supply of developable land (Jakubowski and Zahrt 2003; Pfeiffer 2005). In contrast, the advocates of the 30-hectare goal reply that conventional wisdom highly underestimates the ecological, economical and social risks of sprawl-type land use change. They point to sprawl's responsibility for a broad range of negative impacts such as urban air pollution,

---

\*Corresponding author. Email: stefan.siedentop@ireus.uni-stuttgart.de

automobile dependence, higher infrastructure expenditures, threats to food supply, climate change and negative health effects like obesity (see Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 2000).

One key characteristic of this ongoing debate is its poor empirical foundation. Typically, arguments are based more on assumptions and speculations than on clear empirical facts. The key reason for this lies in a relatively weak information base provided by the official land use statistics. Land use data provided by the Federal Office of Statistics and the corresponding state offices refer to administrative units such as municipalities, counties or states. Different types of urban land uses are usually aggregated to one measure called 'urbanised area' ('Siedlungs- und Verkehrsfläche'). Two indicators dominate the scientific and public debate on sprawl in Germany, the daily conversion rate of non-urban to urban land uses (hectares per day) and the ratio of urbanised areas to the total area. However, such coarse data do not capture the fine-grained pattern of land use change and ignore important qualitative features of urban and non-urban land (e.g., imperviousness, soil productivity and habitat features of non-urban land). Therefore, the German discourse on sprawl and anti-sprawl policies is limited to a simple dispute on the amount of newly urbanised areas ignoring the real complexity of urban form and density issues.

Similar observations can be made for other countries in the world. Many authors claim that currently used sprawl indicators fail to thoroughly inform decisions-makers about the impacts of urban development and land use change (Theobald, Miller, and Thompson Hobbs 1997; Johnson 2001; Burchfield, Overman, Puga, and Turner 2002). The absence of an adequate measurement capacity unintentionally supports the undervaluation of sprawl's costs and non-monetary consequences, hinders the empirical research on the causal relationships between land use change and impact phenomena and restricts the formulation of planning strategies towards economically, ecologically and socially acceptable land use patterns (Torrens and Alberti 2000).

Against this background, we present a methodological framework for the measurement and assessment of land use patterns and dynamics based on a broad review of previous sprawl measurement studies (Section 2). The implementation of this framework in a Geographic Information System (GIS) is based on the assumption that urban sprawl is a multidimensional phenomenon which can only be measured with a multiple-indicator approach (Section 3.1). We introduce a measurement concept with nine indicators that refer to three specific impact dimensions of urban sprawl – urban density, urban land use patterns and surface characteristics of urban land uses (Section 3). The article continues with an assessment of Germany's 'sprawl landscape' based on the indicator implementation and a cluster approach leading to four types of urban sprawl (Sections 4 and 5) and some conclusions on how to effectively implement the concept within the existing national and state monitoring of land use (Section 6). Section 7 ends with prospects regarding research need for the future.

## **2. Previous attempts to empirically analyse urban sprawl**

A survey of the literature yields no agreement in terms of defining and measuring urban sprawl (Galster, Hanson, Wolman, and Coleman 2001). Previous attempts to measure sprawl vary significantly in terms of data sources used, land use characteristics focused on, the impacts sprawl might be responsible for and the spatial scales of observation (national, metropolitan, city and neighbourhood). Simply spoken, it is obvious that sprawl means different things to different people. The same applies to similar terms like compactness,

compact growth or sustainable urban form (Burton 2002; Neuman 2005; Tsai 2005; Jabareen 2006).

At least four different groups of land use dimensions are discussed in the literature. These refer to different spatial and functional features of urban agglomerations and are operationalised with highly different indicators (see Table 1):

- (1) Urbanisation – relatively few contributions simply equate sprawl with urbanisation without any further description of land use characteristics or resources being affected (Burchfield *et al.* 2002). In this sense, the term sprawl is a synonym for any form of conversion of non-urban to urban land uses regardless of the specific land use, density or location features of newly urbanised areas.
- (2) Urban density – many scholars characterise sprawl by decreasing (gross or net) urban densities and/or decreasing density gradients over time caused by low densities in newly urbanised areas and density losses in existing settlements. From this perspective, higher growth rates of urbanised land compared to population is a typical sprawl feature (Fulton, Pendall, Nguyen, and Harrison 2001; Glaeser and Kahn 2003; Lopez and Hynes 2003; European Environment Agency 2006a).
- (3) The level of spatial concentration of urban activities – these contributions focus on the spatial shift of population and job growth from central cities to suburbs and exurban rural areas (Lang 2000; Glaeser 2001; Wassmer 2002; Crane and Chatman 2004), associated with a spatial expansion of urbanised areas into non-urban landscapes (Lavallo *et al.* 2002; Pumain 2003). Following this point of view, sprawl is the outcome of decentralizing urban functions over time.
- (4) Urban form and location features – this approach attaches sprawl to specific spatial patterns of urban land beyond a simple process of spatial de-concentration. In this sense, sprawl is characterised as the transformation from a compact urban form to an irregular, discontinuous and dispersed urban land use pattern (Torrens and Alberti 2000; Galster *et al.* 2001; Song and Knaap 2004).

Sprawl is considered either as a specific condition of land use for a given point in time or as a process of land use change over time (Galster *et al.* 2001). Some measurement concepts unintentionally treat sprawl only as a static phenomenon. Here, indicators like metropolitan density (persons per hectare or acre), the ratio of urbanised areas or the level of metropolitan decentralisation dominate the empirical view on sprawl. The use of such indicators is usually not an expression of the authors' underlying conceptual understanding of sprawl. Often, researchers are forced to use highly aggregated data due to a lack of valid land use data with a higher temporal resolution. The problem with such measurements is that they do not respond to the incremental loss of land resources. However, sprawl can be characterised as a 'tyranny of small decisions'. Large-scale changes of land use occur as a cumulative effect of hundreds or thousands of individual land use decisions, each small in their individual size and their assumed environmental, social or economical relevance. In contrast, the legal framework regulating the use of environmental resources generally addresses single projects but ignores the fact that multiple actions can add up or interact to cause cumulative effects. Many of the suggested sprawl indicators fail to provide political stakeholders with information regarding the potential sprawl contribution of their daily small-scale actions. The aggregation of indicators may mislead analysts to state that single actions cause only minor contributions to overall sprawl – a problem that has often been described as the 'tyranny of small decisions' (Odum 1982).

Table 1. Overview on sprawl indicators found in the literature.

Author	Sprawl indicators	Measurement (s = static, p = process)	Spatial focus	Impacts/effects that are addressed
Anthony (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Change in urban land</li> <li>• Change in urban density</li> </ul>	p	US States	(not specifically addressed)
Emison (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Change of population density</li> <li>• Change in urbanised land area</li> </ul>	p	Metropolitan areas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ozone air quality</li> </ul>
European Environment Agency (2006b)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Growth of built-up areas</li> <li>• Share of dense residential areas of all residential areas and share of low density residential areas of all new residential areas</li> <li>• Residential density</li> <li>• Change in growth rates for population and built-up areas, available built-up area per person</li> </ul>	s, p	No fixed spatial focus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demand for mineral raw materials</li> <li>• Loss of productive soils</li> <li>• Change of water/land-surface characteristics</li> <li>• Energy consumption and CO<sub>2</sub>-emissions</li> <li>• Landscape fragmentation</li> <li>• Urban air quality</li> <li>• Social segregation</li> <li>• Infrastructure costs</li> <li>• Rates of driving and vehicle ownership</li> </ul>
Ewing <i>et al.</i> (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprawl-index composed of four 'factors'</li> <li>• Residential density</li> <li>• Neighbourhood mix of homes, jobs and services</li> <li>• Strength of activity centres and downtowns</li> <li>• Accessibility of the street network(22 variables are used to measure the factors)</li> </ul>	s	Metropolitan areas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Level of ozone pollution</li> <li>• Risk of traffic accidents</li> <li>• Rates of walking and alternative transport use</li> </ul>
Frenkel and Ashkenazi (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composition (gross and net population density, fractal dimension, shape index, gross and net leapfrog index, mean patch size)</li> <li>• Configuration (mixture of land uses)</li> </ul>	s, p	Urban settlements	(not specifically addressed)
Galster <i>et al.</i> (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eight 'sprawl dimensions': density, continuity, concentration, clustering, centrality, nuclearity, mixed uses, proximity</li> </ul>	s	Urbanised areas	(not specifically addressed)
Glaeser and Kahn (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decentralisation (percentage of population and employment within inner 3, 5 and 10 mile ring; median person's/worker's distance in miles from CBD)</li> <li>• Job and population density</li> </ul>	s	(metropolitan areas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Housing prices and quantities</li> <li>• Congestion and car use</li> <li>• Land consumption</li> <li>• CO<sub>2</sub>-and other emissions</li> <li>• Agglomeration and productivity consequences</li> </ul>

Huang, Lu, and Sellers (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Complexity</li> <li>● Centrality</li> <li>● Compactness</li> <li>● Porosity</li> <li>● Density</li> </ul>	s	(urban) regions	(not specifically addressed)
Kolankiewicz and Beck (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Amount of rural land that is lost to urbanisation</li> <li>● Percentage growth in per capita land consumption</li> </ul>	p	Urbanised areas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Land consumption</li> <li>● Loss of agricultural land</li> </ul>
Lopez and Hynes (2003)	<p>Sprawl-index (Sf)S<sub>i</sub> = (((S%<sub>i</sub> - D%<sub>i</sub>)/100) + 1) × 50, where D%<sub>i</sub> = percentage of the total population in high-density census tracts i, S%<sub>i</sub> = percentage of total population in low-density census tracts i</p>	s	Metropolitan areas	(not specifically addressed)
Razin and Rosentraub (2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Percentage of dwellings in single-unit detached houses</li> <li>● Population per square kilometre</li> <li>● Housing units per square kilometer</li> <li>● Street design and circulation system</li> <li>● Density</li> <li>● Land use mix</li> <li>● Accessibility</li> </ul>	S	Metropolitan areas	(not specifically addressed)
Song and Knaap (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Size of built-up area and rate of change</li> <li>● Density of built-up areas and rate of change</li> <li>● Fragmentation, scatter (patch density and percentage change in patch density)</li> </ul>	s	Neighbourhoods	(not specifically addressed)
Schneider and Woodcock (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Population density</li> <li>● Fractality (fractal dimension)</li> </ul>	s, p	Metropolitan areas	(not specifically addressed)
Thomas, Frankhauser, and Biernacki (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Metropolitan size</li> <li>● Activity intensity</li> <li>● Distribution degree</li> <li>● Clustering extent</li> </ul>	s	Communities	(not specifically addressed)
Tsai (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Low density urban growth outside the urbanised area</li> </ul>	p	Urbanised areas, traffic analysis zones	● Commuting patterns

A further shortcoming of the empirical sprawl debate is that many studies do not link the addressed land use dimensions and their related indicators to specific sprawl impacts. This failure leads to the misconception that the (alleged) impacts of sprawl can be measured with uniform sprawl indicators. It also neglects the fact that different sprawl dimensions correspond with different impacts. For example, ecological impacts such as meso-climatic or hydrological changes are an outcome of landcover changes whereas economic impacts like efficiency losses of public transport systems are caused by declining densities and the spatial dispersion of urban land uses (Nuissl, Haase, Lanzendorf, and Wittmer 2009).

Furthermore, many measurement concepts are linked to a certain scale of observation or spatial geography (e.g., metropolitan areas). The reason for this lies in the use of data sources (e.g., land use data aggregated to the level of metropolitan areas), or in the scale for which the analysis is carried out. The problem here is that indicators used in these concepts could be restricted in their use for other scales. This applies to measures of centrality as the degree to which urban development is close to a city centre (central business district) and other metrics whose implementation requires the definition of a fixed spatial reference point.

### 3. An impact-oriented empirical concept of urban sprawl

#### 3.1. General approach

Our measurement concept is intended to overcome some of the empirical limitations described above. Firstly, we work with *different* indicators to indicate *different* impacts caused by sprawl. Secondly, our approach can deal with the static *and* process nature of urban sprawl. Therefore, we suggest operational indicators that characterise the conditions of land use and use others to address land use changes over time. Thirdly, our indicators can be used for all spatial units (administrative or non-administrative units such as river basins or air pollution sheds) and various geographical scales above the neighbourhood level (city, metropolitan, national).

Our conceptual framework takes into account that different dimensions of sprawl correspond with environmental, social and economic impacts of urban land use change (see Figure 1 and Table 2). At first, sprawl-type developments contribute to declining urban densities (density dimension). As noted above, declining densities are an outcome of low density development at the urban fringe and density losses within the urbanised area as an effect of household dynamics and rising affluence. ‘Low density sprawl’ imposes pressure on the economic efficiency of technical infrastructures and increases transportation demand (Burchell *et al.* 1998; Schiller and Siedentop 2005). Low density living is further propelling automobile dependence (Newman and Kenworthy 2006). Other studies present evidence that people living in sprawling areas are likely to walk less and more likely suffer from obesity and hereby linked chronic diseases than people who live in less sprawling areas (Ewing, Pendall, and Chen 2002).

A second dimension of sprawl refers to the change of land use pattern (pattern dimension), operationalised with geometric measures. According to this dimension, sprawl describes the transition of a compact urban form to a dispersed urban land use pattern. A typical feature of this sprawl dimension is an irregular, discontinuous urban form with a highly fragmented mosaic of different land uses. ‘Pattern sprawl’ can typically be found in suburban and exurban parts of metropolitan areas. Researchers claim that ‘pattern sprawl’ is responsible for efficiency losses of urban services such as road infrastructure or sewer systems (Burchell *et al.* 1998; Doubek and Zanetti 1999). There is also evidence that spatially dispersed urban functions contribute to larger travel distances (Cervero 1996;

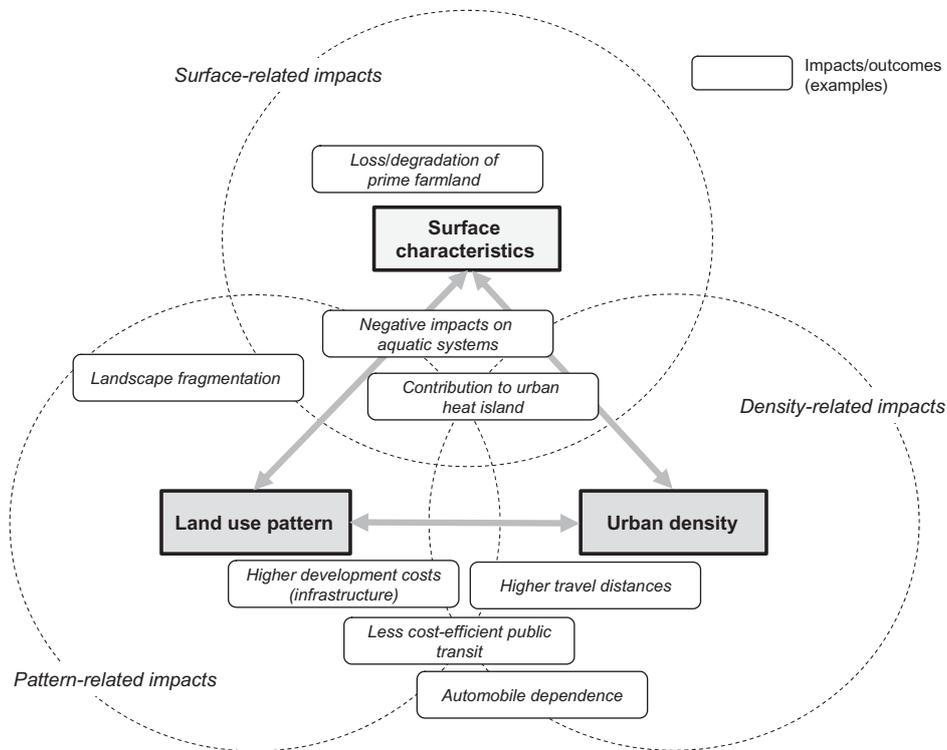


Figure 1. Impact phenomena caused by changes of land cover (surface), land use pattern and density.

Naess 2003). In addition, pattern sprawl is one crucial contributor to landscape fragmentation characterised by a process of perforation, dissection and isolation of habitat areas and natural or semi-natural ecosystems (Jaeger 2000). Many scholars regard fragmentation as a major cause of the alarming loss of species all over the world (Theobald *et al.* 1997; Cieslewicz 2002).

Furthermore, sprawl can be characterised by its change of land use composition. We address this as the 'surface dimension' of sprawl. Urban sprawl describes a large scale conversion process of agricultural, natural or semi-natural surfaces to built-up areas with a high share of artificial, impervious surfaces and complex effects on ecological systems (Schueler 1994; Arnold and Gibbons 1996; Moglen and Kim 2007). 'Surface sprawl' usually affects the core areas of metropolitan areas and their near surroundings. Next to the amount of urbanised land or impervious surfaces, the quality of land that became urbanised within a specific period of time has to be taken into account (e.g., soil quality, habitat quality). Of particular concern is the loss of prime agricultural land due to its importance for the long-term competitiveness and sustainability of agriculture (Hasse and Lathrop 2003).

For all three dimensions, we propose specific indicators presented in the subsequent section.

### 3.2. Methodology

Table 3 gives a brief overview over the selected indicators. 'Indicator description worksheets', summarised in Annex 1, provide detailed information on the actual implementation (calculation, data sources, base years). The main intention in this selection is a comprehensive and

Table 2. Dimension-specific impacts of urban sprawl.

Dimension	Alleged impacts of urban sprawl	Empirical evidence	Relevant work
Surface	Scarcity of open space	Substantial disagreement	Fischel (1982), Rees (1992), Burchfield <i>et al.</i> (2005)
	Loss or degradation of valued open space (habitat, recreation)	Generally agreed	Ewing (1997), Hasse and Lathrop (2003)
	Loss or degradation of prime farmland	Generally agreed	American Farmland Trust (1994), Heimlich and Anderson (2001), Hasse and Lathrop (2003)
	Higher air pollution Contribution to urban heat island	Some evidence Generally agreed	Emison (2001) Park (1986), Gill, Handley, Ennos, and Pauleit (2007), Watkins, Palmer, and Kolokotroni (2007)
Pattern	Negative impacts on aquatic systems (habitat structure, water quality, biodiversity of systems) Higher development costs (infrastructure)	Generally agreed Some evidence	Schueler (1994), Arnold and Gibbons (1996) Burchell <i>et al.</i> (1998), Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc. and ECONorthwest (1998), Doubek and Zanetti (1999), Burchell and Mukherji (2003)
	Higher travel distances	Substantial disagreement	Cervero (1996), Sultana (2000), Naess (2003), Crane and Chatman (2004)
	Landscape fragmentation Higher levels of traffic congestion	Generally agreed Substantial disagreement	Theobald <i>et al.</i> (1997), Jaeger (2000) Downs (1999), Sarzynski, Wolman, Galster, and Hanson (2006)
Density	Automobile dependence Higher travel distances	Generally agreed Substantial disagreement	Newman and Kenworthy (2006) Ewing (1997), Banister (1999), Dielemann and Wegener (2004), Stone Jr., Mednick, Holloway, and Spak (2007)
	Less cost-efficient and effective public transit Higher development costs (infrastructure)	Some evidence Some evidence	Bertraud and Richardson (2004), Campoli and McLean (2004) Burchell <i>et al.</i> (1998), Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc. and ECONorthwest (1998)
	Higher energy use for housing (heating) Negative health effects (due to physical activity levels)	Some evidence Generally agreed	Holden and Norland (2004) McCann and Ewing (2003), Ewing <i>et al.</i> (2003), Kelly-Schwartz, Stockard, Doyle, and Schlossberg (2004), Committee on Physical Activity <i>et al.</i> (2005)
	Improvement to housing affordability	Some evidence	Gordon and Richardson (1997), Steinacker (2003)

Table 3. Selected sprawl indicators (process indicators in italics).

Density	Pattern	Surface
(1) Urban density	(4) Effective share of open space	(8) Share of urbanised land
(2) <i>Change in urban density</i>	(5) Patch density	(9) <i>New consumption</i>
(3) <i>Greenfield development rate</i>	(6) Mean shape index	
	(7) <i>Openness index</i>	

balanced representation of the multi-criteria framework described above. Section 3.4 describes in detail what criteria have been applied for this selection. In addition, each indicator group aims to cover static and process aspects of urban sprawl. The multi-criteria framework is reflected in the categorisation of sprawl indicators in surface, pattern and density groups in the table header.

The map in Figure 2 gives a general impression over the geography for which our measurement approach was developed, the Federal Republic of Germany. It shows the 16 federal units ('Bundesländer'), together with the main cities and urbanised areas (grey areas)



Figure 2. Germany: administration and main urban areas.

as defined by the Federal Office for Building and Regional Planning ('Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung').

The actual implementation followed in a number of working tasks:

- (1) First, we developed methods to calculate and visualise indicator values for the area of Germany, using the formulas given in Annex 1. Because the scale of available databases varied (area units, urban areas), and because some of the indicators are area-dependent, we needed to establish a uniform spatial baseline configuration for these calculations. For this purpose, all indicator values have been transformed to an area-wide grid of cells. The initial size of this grid ( $10 \times 10$  km) was selected as a compromise between the intention to provide sufficient detail to detect regional patterns from nationwide maps and the limitations of data accuracy. Sensitivity tests with alternative grid sizes revealed that larger grids caused indicator results to be highly generalised as a result of data aggregations ( $20 \times 20$  km). At the same time, smaller grid sizes ( $5 \times 5$  km) did not produce much more spatial differentiation, because most of the areas that this data was sourced from were actually larger than  $5 \times 5$  km (municipalities).
- (2) Second, all outputs for indicator calculations were then scaled to this grid, using GIS transformation routines. For surface and density indicators, this task relied on the processing of area statistics for municipalities, using polygon-in-polygon arithmetic to aggregate statistics data to  $10 \times 10$  km cells in the GIS. In other words, the indicator values for a cell represent the average of the corresponding values in the underlying municipalities, weighted by the area proportion of a polygon that the cell actually covers. Pattern indicators are different in nature, as they require polygon processing in the GIS to calculate values for urban areas, rather than simply aggregating and transforming area statistics. The indicator description worksheets explain these calculations in detail. The translation of the final values on the polygon scale to  $10 \times 10$  km cells is then similar as with surface and density indicators: the transformation method calculates an area-weighted mean value for all polygons and polygon portions that lie within a cell.
- (3) The resulting information was then mapped out in comparable layouts. For consistent visualisation we used a greyscale colour scheme with a quantile classification method as the default. Apart from rounding, we made some adjustments to the classification where the default method did not produce conclusive classes. In the maps (Figures 3–5), brighter colours mean less sprawl-like characteristics, and darker colours show where sprawl-like impacts are higher according to the indicator values.
- (4) In the final step, we analysed the results statistically to determine areas that are potentially affected by high sprawl levels. For this purpose, we conducted a factor analysis with the calculated indicator values. To test different configurations in this analysis, we used the three spatial variations mentioned above, with the full indicator set for 14,800 cells in the  $5 \times 5$  km grid, 3585 cells in the  $10 \times 10$  km grid and 1026 cells in the  $20 \times 20$  km grid. The analysis of the results showed that the pattern indicators formed a distinct principal component at the  $10 \times 10$  km scale. The same effect was not as pronounced at the other scales. We interpreted this result to be an effect of the resolution of the data, reacting at an optimum at the  $10 \times 10$  km scale. For this reason we chose the  $10 \times 10$  km scale as the representative input for the subsequent cluster analysis. With this method we summarised the results of the factor analysis in a spatial sense and produced a final map for Germany's 'sprawl geography'. The detailed results will be discussed in Section 4.

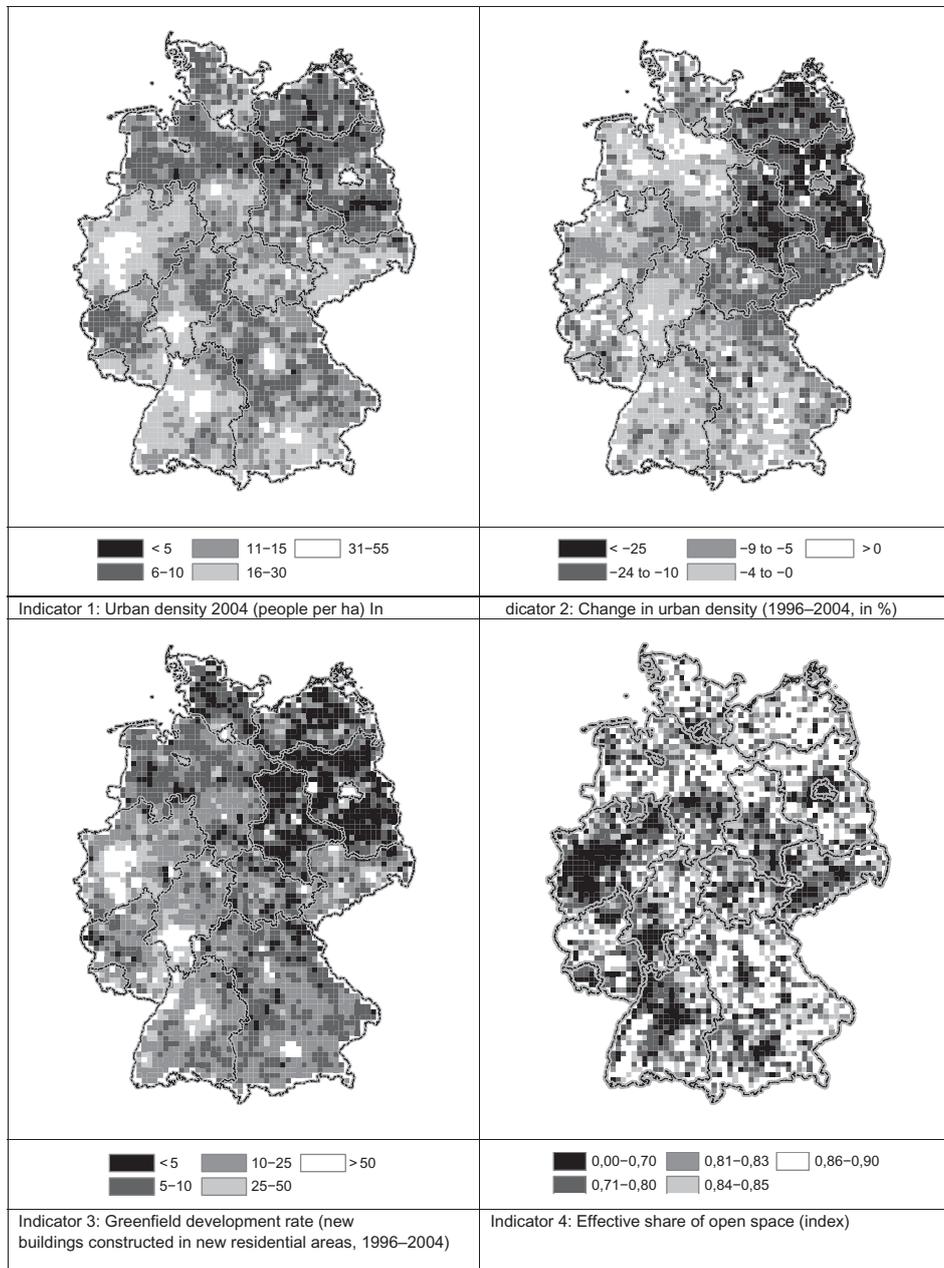


Figure 3. Indicators 1-4. Indicator 1: urban density 2004 (people per hectare); Indicator 2: change in urban density (1996-2004, in percent); Indicator 3: Greenfield development rate (new buildings constructed in new residential areas, 1996-2004); Indicator 4: effective share of open space (index).

### 3.3. Data use

As mentioned above we combined land use information and area statistics for this study. Land cover data comes from the European Union's CORINE project (Coordination of Information on the Environment). Comparable data were available for the years 1990 and

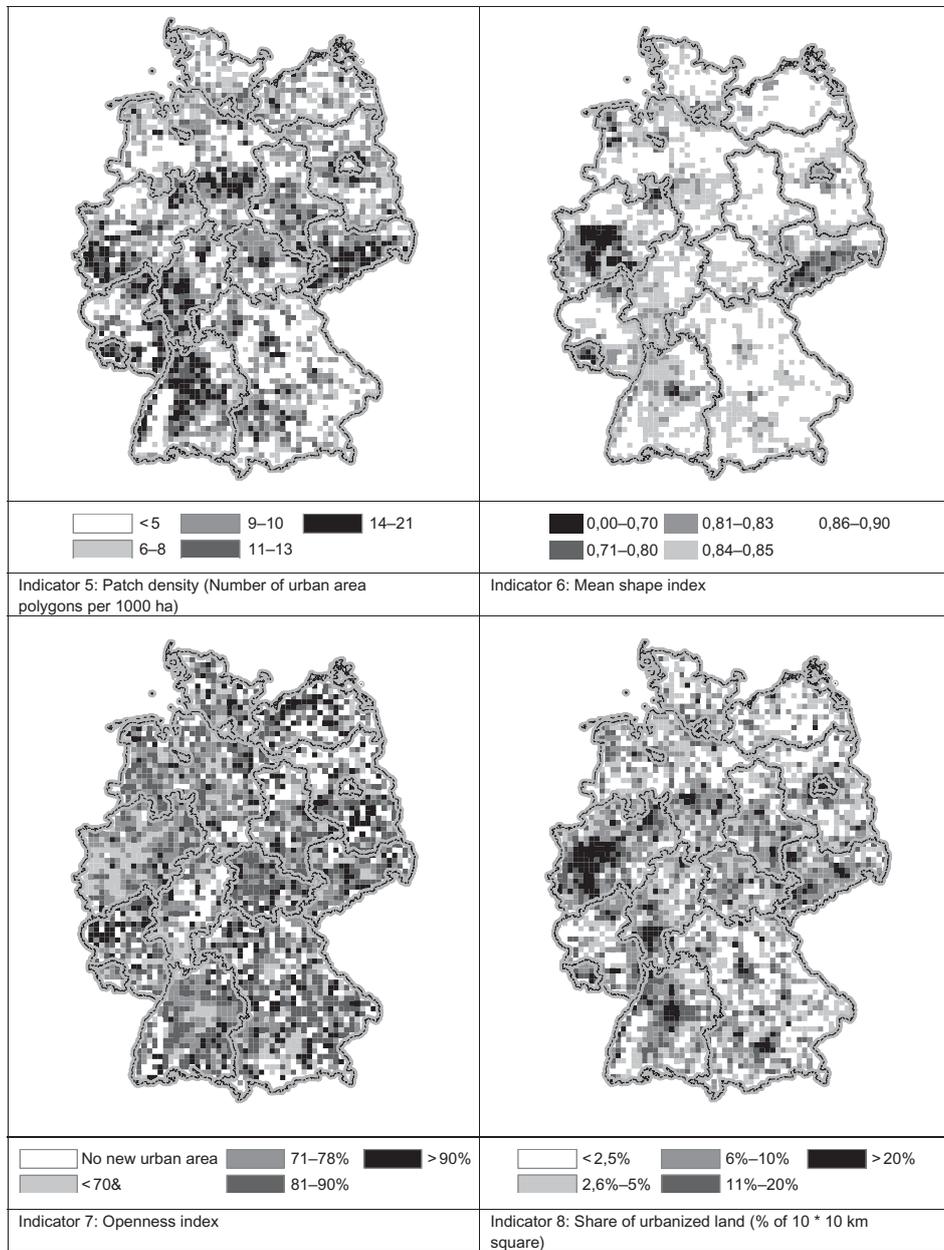


Figure 4. Indicators 5–8. Indicator 5: patch density (number of urban area polygons per 1000 hectare); Indicator 6: mean shape index; Indicator: openness index; Indicator 8: share of urbanised land (percent of  $10 \times 10 \text{ km}^2$ ).

2000. The next release, covering 2006 land use was released after the study was completed. We have therefore not been able to present more recent land use information. From the 2000 data, we selected 9 out of 10 available ‘artificial surface’ land cover classes (except mineral extraction sites) as urbanised area.

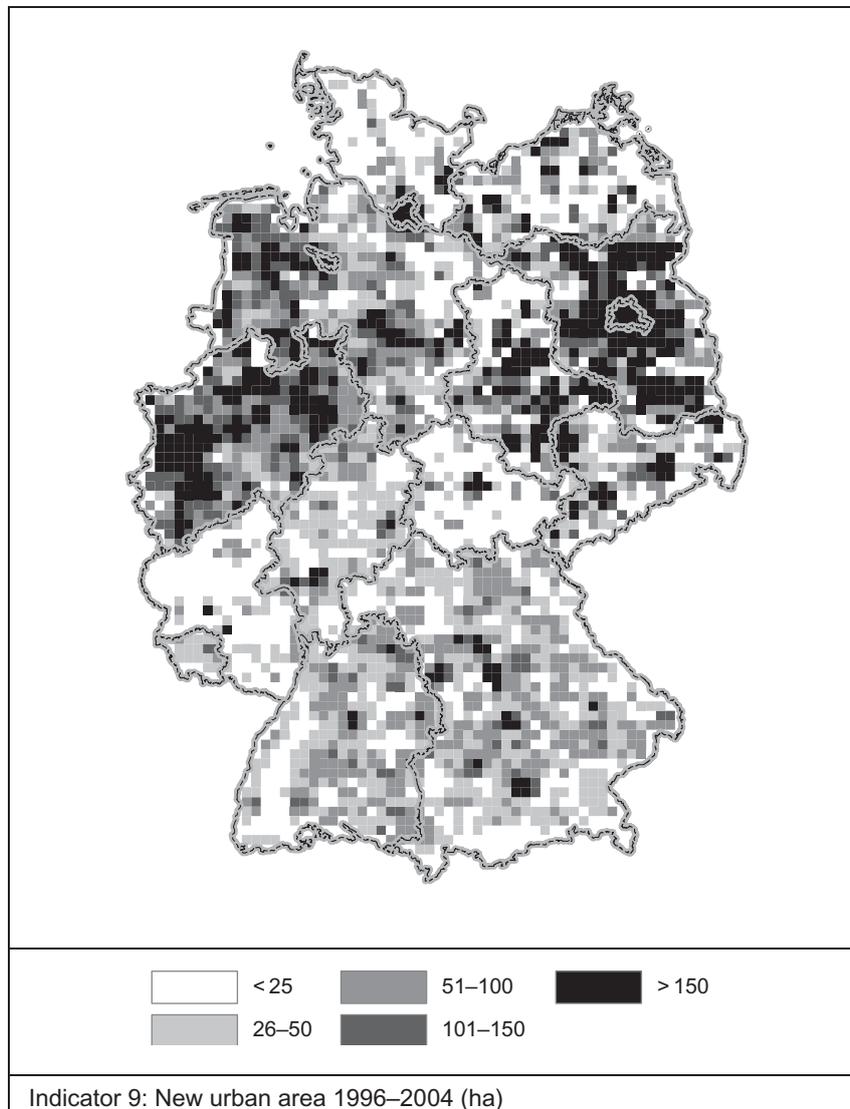


Figure 5. Indicator 9: new urban area 1996-2004 (hectare).

We also used land use information available from Germany's Federal Statistics Offices. This data source covers 10 land use types ('Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung'). The statistics are being collected on the level of municipalities and counties in a 4-year periodicity. It is not possible to obtain disaggregated land use data from this source below the municipality level, at least not with the aim to cover the entire area of Germany.

As for data accuracy, it is important to note the limitations of the datasets used for this analysis. Particularly CORINE land cover data has a limitation in its resolution, that is, smaller urban areas (<~25 hectares, depending on the type of adjacent features) in rural areas are not represented. Similarly, smaller non-urban features are dissolved within urban area compounds. Based on our experience, the urban area is under-represented compared to

official statistics and more so in predominantly rural regions than in urbanised regions (see also European Environment Agency 2006b; Meinel, Schubert, and Siedentop 2007).

### **3.4. Indicators**

#### *3.4.1. Selection*

Table 3 already introduced the selected measures, chosen after a comprehensive research on available urban sprawl indicators from the literature and extensive tests with about 20 candidates. On top of the general requirements for indicator implementations (well-defined, reproducible, concise, monotonous reaction, etc.; see for example Jaeger, Schwick, Bertiller, and Kienast 2008, p. 163, for more details), the measures presented here needed to fit in with the conceptual framework of this study. For this reason the selection followed a top-down approach, sequentially taking the intentions below into account:

- (1) Framework-related representation: in this context we needed to have a balanced amount of indicators for each sprawl-dimension (density, pattern, surface).
- (2) Representation of configuration and process: in each sprawl-dimension, we included at least one indicator showing the situation at a certain base year (static configuration), and at least one measure that is capable of detecting changes between two base years (process, trend).
- (3) Robustness: certain indicators are generally indispensable and undisputed in urban sprawl research. They set out the basic conditions for sprawl in an area, but do not necessarily cover more specific impacts. From the literature review, we considered this to be the case for urban density, the change in urban density, the share of urbanised land and new consumption of urban area.
- (4) Gaps: this criterion aims at enhancing sprawl measures, particularly through the introduction of pattern indicators that have rarely been used previously. For example, resource efficiency as a specific negative impact of urban sprawl has so far been mostly limited to some general assessments of density measures. With new indicators that aim at assessing the integration of new urban area into the urban compound (like the openness-index) and looking at the compactness of urban areas (mean shape index), we add a new perspective into these assessments.
- (5) Innovation: traditionally, urban sprawl indicators focus on growth-related impacts of urban development. Recent research has shown that stagnating or declining urban areas can also be affected by urban sprawl (Couch, Karecha, Nuissl, and Rink 2005). Although we do not aim to cover the topic of ‘shrinkage sprawl’ in this article (see Siedentop and Fina 2008 for a more detailed discussion of this topic), we introduce new indicators (greenfield development rate) that add value to the differentiation between growth- and decline-related impacts. In the description of sprawl types in Germany, we will provide further detail on the importance of this distinction (see 4).

#### *3.4.2. Excluded alternatives*

As mentioned above, the selection of indicators was the outcome of extensive tests of about 20 candidate measures. Due to data gaps and lack of accuracy we had to exclude some measures (‘public transport integration’, ‘conversion of sensitive areas’, ‘loss of prime agricultural farmland’). Others were redundant because we already had a measure focusing on very similar information (‘new development integration’, ‘total core area index’), or their

information value simply mirrored other indicator values (for example ‘open space per capita’ compared to ‘share of urbanised land’). One measure (‘effective mesh size’) did not fit in with the grid approach – attempts to transform the values to cells were not satisfactory. Two recently developed indicators (‘urban permeation’, ‘sprawl per capita’, Jaeger and Bertiller 2006, Jaeger *et al.* 2008) could not be implemented due to some uncertainties around implementation and data use.

### 3.4.3. Indicator mix

Initially, we were aiming at an equal amount of static and process indicators for each dimension. However, in the progress of this study it became clear that a balanced coverage does not necessarily require exactly the same amount of indicators. As Table 3 shows, the density dimension consists of one static and two dynamic indicators, the pattern dimension has two static and dynamic measures each and the surface dimension includes one static and one dynamic indicator. All in all, this mix allows for a good representation of the respective dimensions. At the same time, we do not see the current indicator mix as an irrevocable solution. It should rather be seen as the starting point for an evolving framework, with the goal to include the most comprehensive indicator set available at this point in time. With new datasets becoming available and new measures becoming more robust and accepted in the future, the selection presented here will certainly be re-evaluated.

### 3.4.4. Description

The first two indicators we implemented cover urban density in people per hectare (2004) and the change in urban density between 1996 and 2004. Although we consider urban density to be an important input into urban sprawl evaluation, this indicator is not suitable to identify where and in what form urban sprawl actually occurs. On this scale, indicators 1 and 2 mainly reflect the degree of urbanisation and the changes that occurred within the observed timeframe. It is a composite measure of urban land use change and population development, resulting in a density variable that is useful for efficiency assessments of urban systems. Because one cannot tell what causes changes in urban density – it may be a result of population decline or large amounts of new urban area being developed, or both – it is important to include a measure that is suitable to act as a control variable. For this purpose we employed the ‘greenfield development rate’ which gives the ratio between the number of new dwellings (‘Baufertigstellungen: Wohnungen insgesamt’ = completed dwellings) in an area and the amount of new residential area (‘Gebäude- und Freifläche’ = urban area for residential use, exclusive of infrastructure, parks etc.). Although there is no cross-reference between the two statistical elements, that is, the new dwellings are not necessarily located in greenfield areas, the results are indicative for the intensity of residential land use, thus illustrating the spatial variance of the demand and supply factors for urban development, expressed by dwelling densities. In combination with the total figure for urban density, the greenfield development rate complements the density dimension we aim to cover.

For the pattern dimension, we selected three static and one dynamic indicator. The *effective share of open space* (indicator 4) provides a refined tool to measure ‘undisturbed’ open space. Conceptually, it looks at the amount of open space within an area, where larger patches score higher values in a resulting index called ‘effective share of open space’. It gives effect to ecologic considerations that larger habitats are important elements of conservation strategies. This is of specific value for monitoring biodiversity because it reveals ecologically valuable qualitative aspects of open space in an area (see Ackermann and

Schweiger 2008 for further details). *Patch density* (indicator 5) has been adopted from the landscape metrics program FRAGSTATS (McGarigal and Marks 1995). There, the standard measurement unit is number of polygons per 100 hectare, which we have used here as well. The indicator shows how many urban areas need to be serviced in a cell, with more entities requiring more resources in terms of social and technical infrastructure. The *mean shape index* (indicator 6) measures the level of deviation of an urban area from the ideal compact form of a circle. It is not possible to distinguish what causes the mean shape index to be high (= irregular form), say if it is a result of urban sprawl processes or historically or topographically preconfigured settlement patterns. What we can assume is that these urban forms are more difficult to supply with urban services (e.g., public transport) than compact areas. Indicator 7 (*'openness index'*) can also be described as a resource efficiency measure, because it reflects on the integration of new urban area into existing infrastructure, or the lack of integration, respectively. Areas where new developments are far from existing infrastructure are generally regarded as more sprawl-like than areas where new development uses adjacent infrastructure provisions. Angel, Parent, and Civco (2007) have implemented this idea with satellite imagery, looking at the average percentage of open space within a 1 km<sup>2</sup> neighbourhood for all built-up pixels for Bangkok and Minneapolis. We have adjusted this approach to look at the immediate surrounds of new urban areas in the form of a 1 km buffer. Good integration is where the openness index shows that the immediate surrounds cover little open space. Poor integration is where this share is very high, that is, the new urban area is spatially isolated. On the one hand, the resulting pattern can be linked to the sprawl manifestation described as 'leapfrog development'. On the other hand, the results of the openness index must also be seen in the context of policy objectives: the intention to integrate new developments in Germany is laid down in the federal building code (§34 BauGB, 'Innenbereich' = inner area bylaw, see Bizer *et al.* 1998, p. 29) and isolated developments are subject to strict impact assessments (§35 BauGB, 'Aussenbereich' = outer area bylaw, *ibid.*).

In the pattern dimension several more of the indicator candidates could have been used. However, the subset we present here is sufficient to comprehensively cover all aspects of pattern sprawl: the disturbing effect of urban areas on the natural environment (effective share of open space), urban form and configuration like compactness and dispersion (mean shape index and patch density) and an integration measure (openness-index).

The third set of indicators focuses on the quantitative composition of land use regarding features of land cover. The amount of urban land (*'share of urbanised land'*, indicator 8) is the percentage of existing urbanised land within an area. This measure is essential to put the process aspects of urban sprawl into the context of the land use configuration from which it takes place. In other words, it allows to differentiate between the respective impacts of dynamic indicators on the urban-rural continuum. An important aspect for the process of urban sprawl is the *new consumption* of urban area (indicator 9), which illustrates the magnitude of urban area expansion in an area. Indicator 8 is important for monitoring anti-sprawl policies because the effectiveness of urban development will have to be evaluated against the base configuration. Indicator 9 is valuable for the same purpose, but must also be critically assessed against the effect it can have on density-related impacts (for example, that the excessive expansion of urban areas causes urban density to decrease significantly).

Although this sprawl dimension is populated with fewer indicators, the measures included here provide a robust foundation for the key surface characteristics we wanted to represent within the framework, both static and dynamic. As mentioned above, some indicator candidates could have added value to the representation of the surface dimension

(like 'conversion of sensitive areas' or 'loss of prime agricultural farmland'), but were not usable due to lack of accurate data.

#### 3.4.5. Implementation

Annex 1 provides detailed information on the implementation of the selected indicators. Please note that the value domains (= range of values for an indicator) given relate to the sample processed in this study, not the universal domains.

### 4. Indicator results

In this section we present the results of our indicator implementation, starting off with an interpretation of dimension-specific results. The text is accompanied by the visualisation of all indicators in map format (Figures 3–5) and provides the foundation for the sprawl clusters on the final map: Germany's urban sprawl landscape (Section 5, Figure 7).

#### 4.1. The density dimension

Indicator 1 shows mean gross urban density for each of the  $10 \times 10$  km cells in Germany (see Figure 3). On this scale, urban density mainly reflects the degree of urbanisation, with the well-known 'horseshoe' shape of urban areas – reaching from the Stuttgart Region in the southwest to the Frankfurt, the Rhine and Ruhr areas further north and then on to the 'Saxony triangle' (Halle – Leipzig – Dresden) in the East – reflected by values higher than 15 people per hectare urbanised area. The metropolitan areas around Munich, Berlin, and Hamburg are in the same category, whereas much of the north and northeast of Germany, the northwestern part of Rhineland-Palatinate as well as some areas in Hesse and Bavaria, have very low densities (<5 people per hectare). With this basic configuration in mind, indicator 2 (in Figure 3) shows how urban density has developed between 1996 and 2004. The main and well-known conclusion is that urban density decreased significantly in the states of former East Germany and remained fairly constant in states of former West Germany. This effect is mainly due to the predominant migration patterns observed after the reunification in 1990 and subsequent economic consequences that have motivated – and are still motivating – many people to move from East to West. However, the results for indicator 9 also show that decreasing urban density is often accompanied by comparatively large amounts of urban area being developed, which adds to the magnitude of decline. This is particularly the case in the states of Brandenburg and Saxony-Anhalt. To some degree these contrasting trends are caused by initiatives aimed at providing economic opportunities after the reunification, in many cases leading to large-scale conversion of non-urban land for residential or commercial functions. However, the third indicator (greenfield development rate) shows that the uptake of these opportunities is low, at least from a residential point of view. It is here in the named eastern states that some of the lowest values can be found and areas with less than 5 dwellings per hectare support the notion that there are severe discrepancies between the amount of new urban area provided and the amount actually used by new residents – or that the new developments are exceptionally large subdivisions. In addition to Saxony-Anhalt and Brandenburg, this is also the case in Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, and some smaller areas of Lower Saxony, Thuringia, and Bavaria. On the other end of the spectrum, areas where more than 50 dwellings were built on each hectare of new urban area are likely to experience high demand for real estate, driven by population dynamics and a general shortage of housing space (Rhine-Ruhr area, Rhine-Main area, Stuttgart Region,

Munich, Berlin, Hamburg). Furthermore, we assume that large parts of new housing units in these regions were developed on infill sites within the urban fabric.

In combination, the picture painted by these three indicators shows that urban sprawl is more likely to occur in areas where already low densities continue to decrease, and where new urban area is being utilised inefficiently. This is particularly the case in the north-eastern parts of the country, but also to some degree in parts of Rhineland-Palatinate, Thuringia, Saxony, and Bavaria.

#### 4.2. *The pattern dimension*

The pattern indicators presented here contain three static (effective share of open space, patch density, mean shape index) and one dynamic measurement (openness index). Indicator 4 shows the *effective share of open space*, measuring to what degree urban land uses ‘fragment’ undisturbed non-urban environments. In general, the implementation presented here shows that the habitat quality of open space is much higher in the countryside and negatively affected in the urbanised areas. Low values appear along the urban agglomerations. High values dominate in sparsely developed areas (small settlements, low population numbers). The resulting map correlates to a large degree with the share of urbanised land (indicator 8, discussed below), but the effective share of open space does not merely produce reciprocal results: the actual configuration and shape of urban areas does have an impact as well. The *patch density* (indicator 5) shows that the dispersal and fragmentation impact caused by urban areas is highest not necessarily in, but around the main urban centres. It is clear that large cities have low values because their corresponding patches (= urban areas) are single entities that exceed the reference area (100 hectares, see for example Hamburg, Berlin, Munich). At the same time, rural areas with very few settlements have also low values.<sup>1</sup> The higher values therefore dominate in the suburban and exurban regions around the main urbanised areas (see the band of patch densities with values higher than 11 running from southwestern Northrhine-Westphalia to central Baden-Württemberg, in central lower Saxony, in Saxony, Saarland in the southwest, and also around Berlin and some parts of Bavaria). The conclusion is that these areas are more difficult to service with regards to technical and social infrastructure, with a negative impact on (fiscal) resource efficiency. The *mean shape index* (indicator 7) reveals how compact (low values) or irregular (high values) urban forms are. Linear urban forms along road segments (strip development) cause urban forms to become irregular, and so do historically or topographically preconfigured linear settlement patterns (for example traditional street villages in Saxony, settlements along rivers or in valleys like in the Stuttgart region). The most dominant conjoint area of high mean shape index values, however, is the highly urbanised Rhine-Ruhr region. Here, cities are not single entities, but seamlessly merged settlements that have grown together over the course of time. As a result, the urban area polygons are highly irregular. The assessment of these urban area ‘networks’ in an urban sprawl sense is controversial: from an efficiency point of view there will be more opportunities for synergies, depending on density. From an environmental point of view, natural habitats are severely disturbed. The last pattern indicator – the *openness index* – reflects on the level of integration of new urban areas into the urban compound. The corresponding map shows large areas of blank cells. This is due to the fact that there weren’t any new urban developments in these cells to analyse, or, more precisely, no newly urbanised areas were classified within these areas in the CORINE land cover framework. The distribution in the remaining cells on the map shows that the lowest values can be found in areas with smaller shares of urbanised land. In contrast, new developments in highly urbanised areas have highest values. This is most likely due to the

pre-existing configuration where new developments are more often ‘add-ons’ to the existing urban compound than in rural areas, be it for the purpose of well-integrated expansion or densification. In this context, larger urban areas are more likely to provide more substance for policy intentions in the German building code like the ‘rounding off’ of urban forms (see Bizer *et al.* 1998, p. 29) than smaller areas. At the same time, the isolated development of new urban area in predominantly non-urban regions is not only a result of the smaller levels of urbanisation. In many cases it is actually sprawl-like greenfield and strip development, expanding into the open space. The map shows no distinct regional concentrations apart from the urban – non-urban divide. On average, the cells in Thuringia have the highest level for openness, followed by Saxony and Northrhine-Wesphalia. On the other end of the spectrum, some states have low average values (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Hesse), mostly due to many areas with no new urban developments to analyse (blank cells).

In summary, the pattern indicators presented here deliver conclusive insights into the regional variations of differing configurations of urban area (patch density), the differences between compact and irregular urban forms (mean shape index) and the level of integration of newly urbanised areas (openness index). The combination of these three variables forms a distinct principal component in the subsequent factor analysis (see Section 5)– the pattern dimension is therefore a crucial building block for the completeness of our multi-dimensional framework.

### 4.3. *The surface dimension*

The surface indicators focus on the quantitative composition of land use with respect to features of land cover. Indicator 7 measures the *share of urbanised land* as a percentage of a map cells’ area. About 10% of the total land area of Germany is urbanised. The corresponding map for this indicator shows the distribution, with the main urban centres located in North Rhine-Westphalia, and around the population hubs of Berlin, Munich, Hamburg, Stuttgart, and the Rhine-Main area. With this static distribution of urban land in mind, the last indicator looks at new development of urban area between 1996 and 2004. In the map, there are two eye-catching regions with the majority of cells having more than 100 hectares of new urban area – the northwest (Northrhine-Westphalia and Lower Saxony), and the central eastern states of Brandenburg and Thuringia. Large expansions have also taken place in some areas of Saxony, and in Bavaria and Baden-Wuerttemberg. In a sprawl sense it can be said that some of these expansions take place where limited supply meets high demand on the one hand, and urban areas therefore extend into the periphery (around Berlin, in the south). On the other hand it is also conspicuous that there is much new urban area being developed in areas of population decline and decreasing demand (peripheral Brandenburg and Saxony-Anhalt). As discussed previously, the combination of the surface dimension with density indicators helps to identify these differences.

## 5. Urban sprawl classification

### 5.1. *Principal component analysis*

The objective of the subsequent statistical analysis was to test the interaction of indicator results and generate robust combinations for an urban sprawl classification. The first step, a factor analysis, uses the *Kaiser*-criteria and *Varimax*-rotation for extraction of principal components. The rotated component matrix (see Table 4) shows that the processed indicator information yielded three principal components. The factor loadings are highlighted (in italics) where an indicator contributes most to the definition of a component.

Table 4. Factor analysis: rotated component matrix.

	Component		
	Urban	Pattern	Development
Rotated component matrix			
Urban density	0.87	0.21	0.05
Change in urban density	0.22	0.01	0.85
Greenfield development rate	0.69	-0.12	0.22
Effective share of open space	-0.91	-0.22	0.18
Patch density	0.27	0.80	0.06
Mean shape index	0.60	0.59	0.02
Openness index	-0.08	0.73	-0.02
Share of urbanised land	0.92	0.14	-0.20
New urban area	0.46	-0.07	-0.75

- (1) *Urban*: component 1 shows high positive factor loadings for indicators that are characteristic for high levels of urbanisation (share of urbanised area, urban density, greenfield development rate). The high negative factor loading of effective share of open space is due to the general lack of open space where urbanisation is high. We therefore labelled this component ‘urban’.
- (2) *Pattern*: component 2 is defined by high factor loadings of the pattern indicators patch density, openness index and mean shape index. As mentioned above, the remaining pattern indicator ‘effective share of open space’ loads higher in the urban component, due to the lack of open space in urban areas in general. The loading for mean shape index is ambiguous, with values of 0.6 in the urban and 0.59 in the pattern component. This is most likely an effect of the high mean shape indices for large urban areas that have grown together, as described in 4.2.
- (3) *Stability*: the last component is not as intuitively interpreted as the others: it is basically defined through the high factor loadings of the change in urban density, and the negative loadings of new urban area. It is noticeable that both defining variables are dynamic indicators. It can therefore be said that this component exclusively looks at the process side of sprawl. More detailed analysis shows that it is actually the lack of dynamics that characterise this component. The distribution of the change in urban density – with the curve being predominantly in the negative (i.e., decline) range – shows that a high factor loading can only mean that urban density does not decrease as much as elsewhere. This is the case either because population has not decreased as much as in other parts – that is, it stayed fairly constant – or because not as much new urban area has been added. Because the indicator new urban area has a defining negative factor loading on this component as well, it is more likely that both, population and urban area, stayed fairly constant. This component is therefore suitable to differentiate areas with intensive (= negative values for this component) from areas with static (= positive values) development dynamics. Accordingly, it is labelled the ‘stability component’.

## 5.2. Cluster analysis

In the next step, we conducted a hierarchical cluster analysis on these components, using the *WARD* algorithm with the *squared Euclidian distance* method. There were five clusters that

stood out in the resulting dendrogram. These clusters provide the classification for the urban sprawl map for Germany in Figure 7. In order to use the classification we needed to conceptualise the clusters in semantic terms first. This was done by an analysis of the make-up of clusters in terms of principal component composition. Figure 6 shows the mean principal component values (bars) for each of the five, including error bars that represent the standard deviation.

- (1) *Non-sprawl*: in cluster 1, the dominant element is the pattern component with negative values. The urban component is slightly negative, the stability component positive (see error bar). This combination of components suggests that we're looking at rather rural areas with either very few or very compact settlements, and little development dynamics (bearing in mind that positive values for the stability component means little change). This cluster can not be described as 'sprawl-like', it has therefore been removed from the map classification in Figure 7 (blank white areas).
  - (2) *Suburban*: cluster 2 exhibits positive values in the urban component and significant pattern sprawl. In terms of stability, this cluster is fairly static on average, albeit with some variations expressed through the error bar. This combination is characteristic for suburban sprawl, where urban area and fragmentation coexist, but also with considerable development dynamics.
  - (3) *Exurban*: cluster 3 has low values for the urban component, with small deviations. The pattern component is positive, but lower than in the suburban cluster. Stability is fairly high. These areas can therefore be described as rural to semi-rural, slightly fragmented regions, with comparatively low development dynamics.
  - (4) *Shrinkage*: cluster 4 is characterised by its strong negative values in the stability component, that is, it is characterised by significantly decreasing urban densities and/or comparatively large amounts of new urban area being developed. At the same time, areas within this cluster are predominantly rural (low on the urban component), the pattern component is slightly negative.
- This combination is characteristic for regions where area-intensive greenfield development and infrastructure projects were implemented despite decreasing population numbers and the problems caused by demographic change. The regions in question have not been in the focus of urban

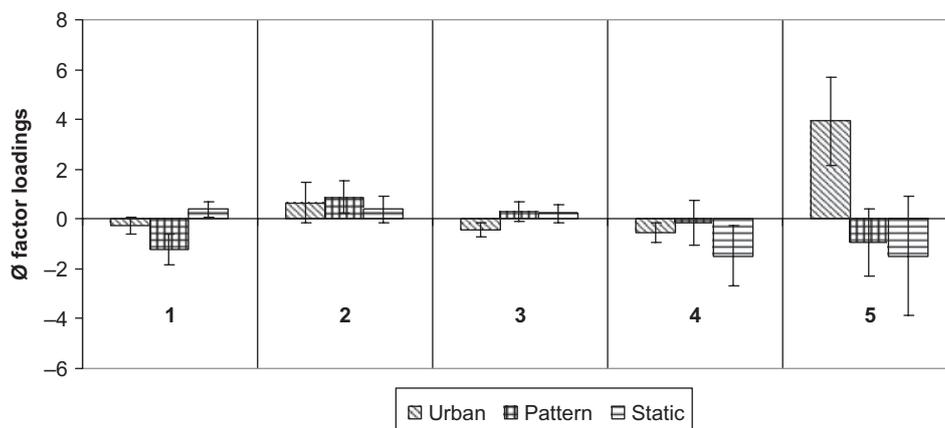


Figure 6. Cluster analysis – average factor loadings (+ SD) per cluster.

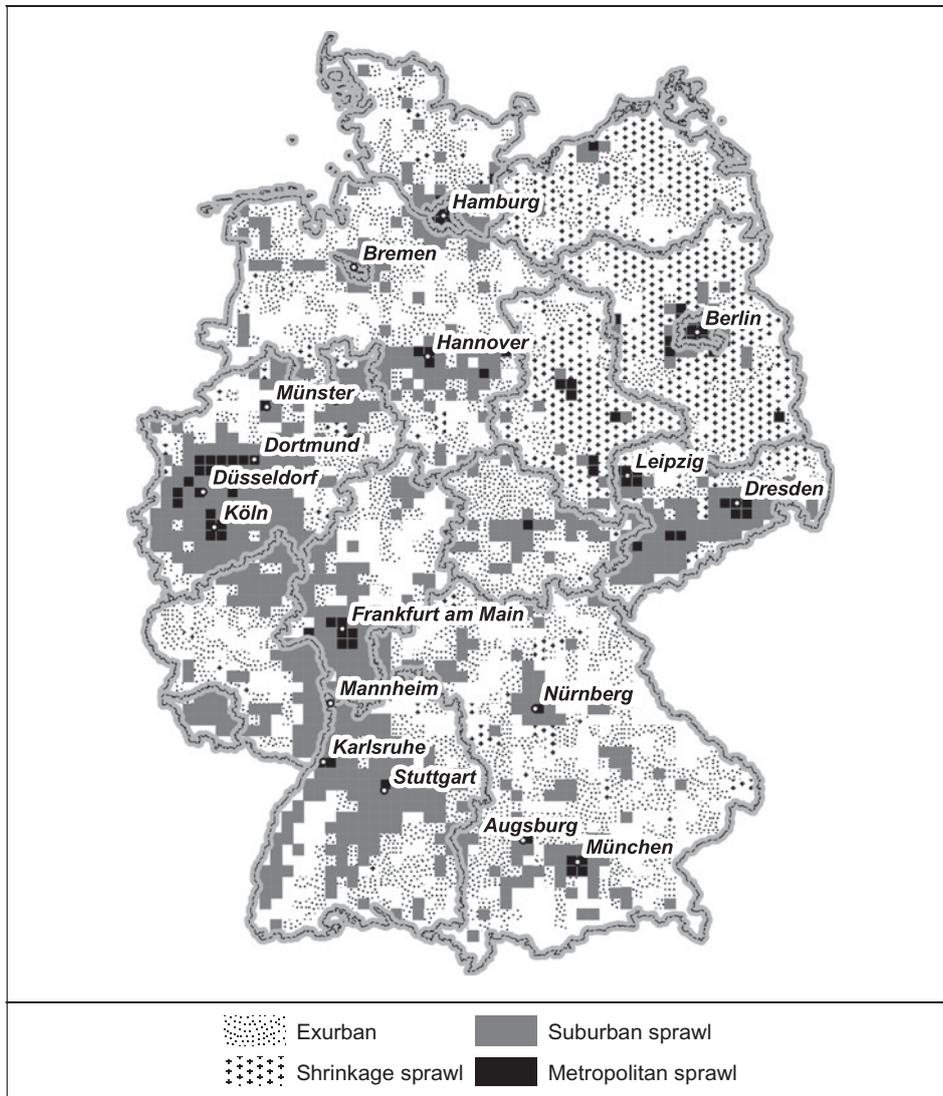


Figure 7. Germany's urban sprawl landscape.

sprawl research to a great extent so far, but clearly exhibit sprawl-like features in a shrinkage sense of decreasing densities and the perforation of the urban compound.

- (5) *Metropolitan*: the last cluster is characterised by extraordinary high values of urbanisation. The pattern component is very low accordingly because open space is limited in large urban compounds. Measures for fragmentation and dispersion of open space are therefore low. New urban area is usually well integrated. At the same time, the stability component varies considerably in this cluster. The average is highly negative, suggesting that declining densities or large amounts of newly urbanised areas affect the stability, or both. The fact that the error bar also extends into the positive range illustrates that there may also be urban centres in this cluster that show little change.

### 5.3. *Germany's urban sprawl landscape*

The final product of our work is the urban sprawl map presented in Figure 7, using the clusters described above. The map shows that compact metropolitan structures (black) are concentrated around the core urban areas of the large cities and the urban compound of the Rhine-Ruhr area. Suburban sprawl (grey) reaches outwards from the metropolitan structures, with differing extents. The Stuttgart, Rhine-Main and Rhein-Ruhr areas, as well as the southern parts of Saxony have the largest suburban sprawl expansions, followed by the immediate surrounds of the major cities (Munich, Nuremberg, Berlin, Hanover, Bremen, Hamburg). Suburban sprawl also appears without metropolitan areas in the centre, for example, in and around medium-sized cities. Exurban sprawl is then shown in a small dot texture. It can be found in vast areas of the western German states, in Thuringia and Saxony indicating the characteristic expansion of urbanisation into rural areas. Exurban sprawl is usually present in all regions that are not part of conservation areas or very remote from urban agglomerations. Finally, shrinkage sprawl (large dotted texture) dominates in large parts of peripheral Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, and Saxony-Anhalt, in small occurrences also in some parts of Saxony, Bavaria and Lower Saxony.

## 6. **Towards a political implementation of sprawl monitoring in Germany**

In the recent past, the German federal and state governments have further improved their spatial and environmental monitoring capacities. This includes both, the development of new GIS based data sources on land use integrated digital data on cadastral and topographic information and environmental resources as well as the establishment of enhanced indicator systems. In 2004, the Conference of the State Environment Ministers ('Umweltministerkonferenz') passed a sustainability indicator concept ('LIKI-Indikatoren') that covers a broad range of sustainability related issues including land consumption for urban purposes and landscape fragmentation (Umweltministerkonferenz 2004). However, there is still a lack of sophisticated measures by which a thorough indication of affected areas and an assessment of sprawl's impacts could be undertaken. As mentioned above, simple indicators like the daily conversion of non-urban to urban land uses still dominate the political and public view on land use change.

Against this background, our work could help to foster the scope and spatial refinement of monitoring, reporting and evaluation approaches on federal, state and regional levels. An improved urban land use monitoring supports the identification of problem areas, the derivation of sprawl-type specific strategies, policy targets and measures as well as the evaluation of anti-sprawl measures implemented in state, regional and local policies.

As shown in Section 3 of this article, our measurement concept addresses different types of urban sprawl in Germany and their spatial coverage (see Figure 7). We differentiate compact urban structures that can be found in the metropolitan core areas, suburban and exurban types of sprawl. For each of these types a specific profile of environmental and economic problems can be expected. Taking this into account, type-specific anti-sprawl strategies and instruments should be implemented. Therefore, an effective sprawl monitoring can overcome the 'spatial fuzziness' of current land use policies.

Furthermore, our work is relevant for the evaluation of federal, state and local land use policies. We offer methodological ways to measure progress towards a more environmentally friendly and economically efficient urban development. As an example, the relatively low average values for indicator 7 (openness index) exhibit serious shortcomings of regional

and local land use planning practice particularly in suburban, exurban and rural areas. New development that is located far away from urban services and train stations fuels the dependence on personal motorised transportation and increases travel distances and fuel consumption. Future land use policies have to focus more on location aspects of new development rather than solely on a reduction of land consumption for urban purposes. However, this requires methodological agreement on how to evaluate the outcomes of a more transport-oriented location policy.

## 7. Further research prospects

In this article, we have presented a conceptual framework for monitoring urban sprawl. We have also tested its implementation and received some very useful information on the nature of sprawl in Germany. Although we consider the framework to be robust and comprehensive, we very much see the implementation side as an initial piece of work that requires much further research. In particular, we are critically aware of some of the shortcomings of the data used for this exercise, which will hopefully improve with future data releases and improved land use data models.

Significant progress could also be achieved if multi-temporal data became available on a continuous basis. The release of 2006 CORINE land cover data already serves as a critical step in the right direction. Furthermore, it will provide information to detect the more recent trends in urban sprawl. In general, our framework is designed to undertake small-scale observations. We recommend a Europe-wide approach for sprawl monitoring, using the data sources and standards that are currently evolving as part of the environmental monitoring efforts of the European Union. In this prospect we rely on the work of other researchers, particularly in the collation and harmonisation of area statistics for the European Union.

Finally, we see merit in complementing and integrating the results of our research with monitoring frameworks that focus on the local effects of sprawl, within urban areas. These frameworks would address specific aspects of social, economic and environmental functions of cities that are negatively affected by urban sprawl.

## Note

1. The fact that CORINE land cover data does not contain very small settlements eliminates the potential effect that many small features in rural areas could cause excessively high patch densities. In theory, an indicator should be capable of handling many small features. However, patch density has weaknesses in this respect. The data limitation works like a filter for settlement size and produces a desirable outcome.

## References

- Ackermann, W., and Schweiger, M. (2008), *Umweltforschungsplan Des Bundesministeriums Für Umwelt, Naturschutz Und Reaktorsicherheit, F+E Vorhaben "Indikatoren Für Die Nationale Strategie Zur Biologischen Vielfalt": Bericht Zum Workshop "Zersiedelungsindikator"*, München: PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH.
- American Farmland Trust (1994), *Farming on the Edge: A New Look at the Importance and Vulnerability of Agriculture Near American Cities*, Washington, DC: American Farmland Trust.
- Angel, S., Parent, J., and Civco, D. (2007), "Urban Sprawl Metrics: An Analysis of Global Urban Expansion Using GIS," in *ASPRS 2007 Annual Conference (Proceedings)*, Tampa, pp. 1–12.
- Anthony, J. (2004), "Do State Growth Management Regulations Reduce Sprawl?" *Urban Affairs Review*, 39, 376–397.

- Arnold, C.L., and Gibbons, C.J. (1996), "Impervious Surface Coverage. The Emergence of a Key Environmental Indicator," *Journal of the American Planning Association*, 62, 243–258.
- Banister, D. (1999), "Planning More to Travel Less. Land Use and Transport," *Town Planning Review*, 70, 313–338.
- Bertraud, A., and Richardson, H.W. (2004), "Transit and Density: Atlanta, the United States and Western Europe," in *Urban Sprawl in Western Europe and the United States*, eds. H.W. Richardson and C.C. Bae, London: Ashgate, pp. 293–310.
- Bizer, K., Ewringmann, D., Bergmann, E., Dosch, F., Einig, K., and Hutter, G. (1998), *Mögliche Maßnahmen, Instrumente Und Wirkungen Einer Steuerung Der Verkehrs- Und Siedlungsflächennutzung. Konzept Nachhaltigkeit*, Berlin: Springer.
- Bundesregierung (2002), *Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung*, Berlin.
- Bundesregierung (2004), *Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Fortschrittsbericht 2004*, Berlin.
- Burchell, R.W., and Mukherji, S. (2003), "Conventional Development Versus Managed Growth: The Costs of Sprawl," *American Journal of Public Health*, 93, 1534–1540.
- Burchell, R.W., Shad, N.A., Listokin, D., Phillips, H., Downs, A., Seskin, S., Davis, J.S., Moore, T., Helton, D., and Gall, M. (1998), *The Costs of Sprawl – Revisited*, Washington, DC: National Academy Press.
- Burchfield, M., Overman, H.G., Puga, D., and Turner, M.A. (2002), *Sprawl?* Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Burton, E. (2002), "Measuring Urban Compactness in UK Towns and Cities," *Environment and Planning B*, 29, 219–250.
- Campoli, J., and McLean, A.S. (2004), *Visualizing Density*, Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Cervero, R. (1996), "Jobs-Housing Balance Revisited. Trends and Impacts in the San Francisco Bay Area," *Journal of the American Planning Association*, 62, 492–511.
- Cieslewicz, D.J. (2002), "The Environmental Impacts of Sprawl," in *Urban Sprawl. Causes, Consequences & Policy Responses*, ed. G.D. Squires, Washington, DC: The Urban Institute Press, pp. 23–38.
- Committee on Physical Activity, Health, Transportation and Land Use (2005). Does the built environment influence physical activity? Examining the evidence. Transportation Board Research: Washington, D.C., (TRB Special Report 282).
- Couch, C., Karecha, J., Nuissl, H., and Rink, D. (2005), "Decline and Sprawl: An Evolving Type of Urban Development – Observed in Liverpool and Leipzig," *European Planning Studies*, 13(1), 117–136.
- Crane, R., and Chatman, D.G. (2004), "Traffic and Sprawl: Evidence From US Commuting, 1985 to 1997," in *Urban Sprawl in Western Europe and the United States*, eds. H.W. Richardson and C.-H.C. Bae, London: Ashgate, pp. 311–324.
- Dielemann, F., and Wegener, M. (2004), "Compact City and Urban Sprawl," *Built Environment*, 30, 308–323.
- Doubek, C., and Zanetti, G. (1999), *Siedlungsstruktur Und Öffentliche Haushalte*, Wien: Österreichisches Institut für Raumplanung.
- Downs, A. (1999), "Some Realities About Sprawl and Urban Decline," *Housing Policy Debate*, 10, 955–974.
- Emison, G.A. (2001), "The Relationship of Sprawl and Ozone Air Quality in United States' Metropolitan Areas," *Regional Environmental Change*, 2, 118–127.
- European Environment Agency (2006a), *Urban Sprawl in Europe. The Ignored Challenge*, Copenhagen: European Environment Agency.
- European Environment Agency (2006b), *The Thematic Accuracy of Corine Land Cover 2000. Assessment Using LUCAS (Land Use/Cover Area Frame Statistical Survey)*, Copenhagen: European Environment Agency.
- Ewing, R. (1997), "Is Los Angeles-Style Sprawl Desirable?" *Journal of the American Planning Association*, 63(1), 107–126.
- Ewing, R., Pendall, R., and Chen, D.T. (2002), *Measuring Sprawl and Its Impacts*, Washington, DC: Smart Growth America.
- Ewing, R., Schmid, T., Killingsworth, A., Zlot, A., and Raudenbush, S., (2003) "Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity and morbidity". *American Journal of Health Promotion*, 18(1), 47–57.

- Fischel, W.A. (1982), "The Urbanization of Agricultural Land: A Review of the National Agricultural Lands Study," *Land Economics*, 58, 236–259.
- Frenkel, A., and Ashkenazi, M. (2008), "Measuring Urban Sprawl: How Can We Deal With It?" *Environment and Planning B*, 35, 1–24.
- Fulton, W., Pendall, R., Nguyen, M., and Harrison, A. (2001), *Who Sprawls Most? How Growth Patterns Differ Across the U.S.*, Washington, DC: The Brookings Institution.
- Galster, G., Hanson, R., Wolman, H., and Coleman, S. (2001), "Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept," *Housing Policy Debate*, 12, 681–717.
- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., and Pauleit, S. (2007), "Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure," *Built Environment*, 33(1), 115–133.
- Glaeser, E.L. (2001), *Job Sprawl: Employment Location in U.S. Metropolitan Areas*, Washington, DC: The Brookings Institution.
- Glaeser, E.L., and Kahn, M.E. (2003), *Sprawl and Urban Growth*, Cambridge, MA: Harvard Institute of Economic Research, Harvard University.
- Gordon, P., and Richardson, H.W. (1997), "Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?" *Journal of the American Planning Association*, 63(1), 95–106.
- Hasse, J.E., and Lathrop, R.G. (2003), "Land Resource Impact Indicators of Urban Sprawl," *Applied Geography*, 23, 159–175.
- Heimlich, R.E., and Anderson, W.D. (2001), *Development at the Urban Fringe and Beyond: Impacts on Agriculture and Rural Land*, Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
- Holden, E., and Norland, I.T. (2004), "Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form: Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region," *Urban Studies*, 42, 2145–2166.
- Huang, J., Lu, X.X., and Sellers, J.M. (2007), "A Global Comparative Analysis of Urban Form: Applying Spatial Metrics and Remote Sensing," *Landscape and Urban Planning*, 82, 184–197.
- Jabareen, Y.R. (2006), "Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts," *Journal of Planning Education and Research*, 26, 38–52.
- Jaeger, J. (2000), "Landscape Division, Splitting Index, and Effective Mesh Size: New Measures of Landscape Fragmentation," *Landscape Ecology*, 15, 115–130.
- Jaeger, J., and Bertiller, R. (2006), "Aufgaben Und Grenzen Von Messgrößen Für Die Landschaftsstruktur - Das Beispiel Zersiedelung," in *Landschaftsqualitäten*, eds. M. Bürgi, T. Coch, and K.M. Tanner, Bern: Haupt Verlag, pp. 159–184.
- Jaeger, J., Schwick, C., Bertiller, R., and Kienast, F. (2008), *Landschaftszersiedelung Schweiz – Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung. Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Nationales Forschungsprogramm NFP 54 "Nachhaltige Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung"*, Zürich: Schweizerische Nationalfonds.
- Jakubowski, P., and Zahrt, M., (2003) "Nur noch 30 Hektar Flächenverbrauch pro Tag. Vor welchen Anforderungen stehen die Regionen?" *Raumforschung und Raumordnung*, 61, 185–197
- Johnson, M.P., (2001) "Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda," *Environment and Planning A*, 33, 717–736
- Kelly-Schwartz, A.C., Stockard, J., Doyle, S., and Schlossberg, M. (2004), "Is Sprawl Unhealthy? A Multilevel Analysis of the Relationship of Metropolitan Sprawl to the Health of Individuals," *Journal of Planning Education and Research*, 24, 184–196.
- Kolankiewicz, L., and Beck, R. (2001), *Weighing Sprawl Factors in Large U.S. Cities. A Report on the Nearly Equal Roles Played by Population Growth and Land Use Choices in the Loss of Farmland and Natural Habitat to Urbanization*, Arlington, VA: NumbersUSA.
- Lang, R.E. (2000), *Office Sprawl: The Evolving Geography of Business*, Washington, DC: The Brookings Institution.
- Lavelle, C., Mc Cormick, N., Kansanko, M., Demichelli, L., Barredo, J. and Turchini, M. (2002), Monitoring, planning and forecasting dynamics in European areas-the territorial approach as key to implement European policies. In: REAL CORP 2002 (proceedings) Vienna, 367–373.
- Lopez, R., and Hynes, H.P. (2003), "Sprawl in the 1990s. Measurement, Distribution, and Trends," *Urban Affairs Review*, 38, 325–355.
- McCann, B.A., and Ewing, R. (2003), "Measuring the health effects of sprawl. A national analysis of physical activity, obesity and chronic disease." Washington, D.C.: Smart Growth America.
- McGarigal, K., and Marks, B.J. (1995), *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*, Portland, OR: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

- Meinel, G., Schubert, I., and Siedentop, S. (2007), "Europäische Siedlungsstrukturvergleiche auf Basis von CORINE Land Cover – Möglichkeiten und Grenzen," in *REAL CORP 2007 (Proceedings)*, Vienna, pp. 645–656.
- Moglen, G.E., and Kim, S. (2007), "Limiting imperviousness. Are threshold-based policies a good idea?" *Journal of the American Planning Association*, 73 (2), 161–171.
- Naess, P. (2003), "Urban Structures and Travel Behaviour. Experiences From Empirical Research in Norway and Denmark," *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 3, 155–178.
- Neuman, M. (2005), "The Compact City Fallacy," *Journal of Planning Education and Research*, 25, 11–26.
- Newman, P., and Kenworthy, J.R. (2006), "Urban Design to Reduce Automobile Dependence," *Opolis*, 2(1), 35–52.
- Nuissl, H., Haase, D., Lanzendorf, M., and Wittmer, H. (2009), "Impact Assessment of Land Consumption in Urbanized Areas – An Integrated Approach From an Environmental Perspective," *Land Use Policy*, 26, 414–424.
- Odum, W.E. (1982), "Environmental Degradation and the Tyranny of Small Decisions," *BioScience*, 32, 728–729.
- Park, H.-S. (1986), "Features of the Heat Island in Seoul and Its Surrounding Cities," *Atmospheric Environment*, 20, 1859–1866.
- Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas, Inc. and ECONorthwest (1998), *The Full Social Costs of Alternative Land Use Patterns: Theory, Data, Methods and Recommendations*, Washington, DC: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.
- Pfeiffer, U., (2005), "Umwidmung von Naturflächen-konzeptionelle Probleme. Kurzfassung eines Gutachens für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Berlin: Empirica.
- Pumain, D. (2003), "Urban Sprawl: Is There a French Case?," in *Urban Sprawl in Western Europe and the United States*, eds. H.W. Richardson and C.-H.C. Bae, London: Ashgate, pp. 137–157.
- RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (2000), *Umweltgutachten 2000. Schritte ins nächste Jahrtausend*, Berlin: Deutscher Bundestag.
- Razin, E., and Rosentraub, M. (2000), "Are Fragmentation and Sprawl Interlinked? North American Evidence," *Urban Affairs Review*, 35, 821–836.
- Rees, W.E. (1992), "Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves Out," *Environment and Urbanization*, 4, 121–130.
- Sarzynski, A., Wolman, H.L., Galster, G., and Hanson, R. (2006), "Testing the Conventional Wisdom About Land Use and Traffic Congestion: The More We Sprawl, the Less We Move?" *Urban Studies*, 43, 601–626.
- Schiller, G., and Siedentop, S. (2005), "Infrastrukturfolgekosten Der Siedlungsentwicklung Unter Schrumpfungsbedingungen" ["Flow-on Costs for Infrastructure in Urban Development Under Declining Conditions"], *DISP*, 160, 83–93.
- Schneider, A., and Woodcock, C.E. (2008), "Compact, Dispersed, Fragmented, Extensive? A Comparison of Urban Growth in Twenty-Five Global Cities Using Remotely Sensed Data, Pattern Metrics and Census Information," *Urban Studies*, 45, 659–692.
- Schueler, T.R. (1994), "The Importance of Imperviousness," *Watershed Protection Techniques*, 1, 100–111.
- Schwepe-Kraft, B. (2007), *Indikator Zur Messung Der Zersiedelung Der Landschaft. Vorschlag Eines Einfachen, Anschaulichen Und Zuverlässigen Indikators "Effektiver Freiflächenanteil" Zur Messung Der Zersiedelung Der Landschaft*, Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Siedentop, S., and Fina, S. (2008), "Urban Sprawl Beyond Growth: From a Growth to a Decline Perspective on the Cost of Sprawl," in *Isocarp Conference Proceedings*, (CD Supplement) for the 44th International Planning Congress in Dalian (China), 13–23 September, 2008.
- Siedentop, S., Heiland, S., Lehmann, I., and Schauerte-Lüke, N. (2007), Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie - Flächenziele (Nachhaltigkeitsbarometer Fläche), *Reihe "Forschungen" des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung*, Band 130.
- Song, Y., and Knaap, G.-J. (2004), "Measuring Urban Form. Is Portland Winning the War on Sprawl?" *Journal of the American Planning Association*, 70, 210–225.
- Steinacker, A. (2003), "Infill Development and Affordable Housing. Patterns From 1996 to 2000," *Urban Affairs Review*, 38, 492–509.
- Stone, B., Jr., Mednick, A.C., Holloway, T., and Spak, S.N. (2007), "Is Compact Growth Good for Air Quality?" *Journal of the American Planning Association*, 73, 404–418.

- Sultana, S. (2000), "Some Effects of Employment Centers on Commuting Times in the Atlanta Metropolitan Area, 1990," *Southeastern Geographer*, 41, 225–233.
- Theobald, D.M., Miller, J.R., and Thompson Hobbs, N. (1997), "Estimating the Cumulative Effects of Development on Wildlife Habitat," *Landscape and Urban Planning*, 39, 25–36.
- Thomas, I., Frankhauser, P., and Biernacki, C. (2008), "The Morphology of Built-up Landscapes in Wallonia (Belgium): A Classification Using Fractal Indices," *Landscape and Urban Planning*, 84, 99–115.
- Torrens, P.M., and Alberti, M. (2000), *Measuring Sprawl*, London: Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.
- Tsai, Y.-H. (2005), "Quantifying Urban Form: Compactness Versus 'Sprawl'," *Urban Studies*, 42(1), 141–161.
- Umweltministerkonferenz (2004), Indikatoren im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung, Beschluss der 62. Umweltministerkonferenz am 6. und 7. Mai 2004 in Bad Wildungen.
- Wassmer, R.W. (2002), *Defining Excessive Decentralization in California and Other Western States. An Economist's Perspective on Urban Sprawl, Part 1*, Sacramento, CA: California Senate Office of Research.
- Watkins, R., Palmer, J., and Kolokotroni, M. (2007), "Increased Temperature and Intensification of the Urban Heat Island: Implications for Human Comfort and Urban Design," *Built Environment*, 33(1), 85–96.
- Weber, J., and Sultana, S. (2005), *The Impact of Sprawl on Commuting in Alabama*, Birmingham, AL: University of Alabama, University Transportation Center for Alabama.

#### Annex 1. Indicator description sheets

Indicator 1	Urban density
Description	Number of people per hectare of urban land (gross)
Dimension	Density
Value domain	2.5–55
Base year(s)	2004
Source	Area statistics
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Intersect municipality layer with 10 × 10 km grid (2) Apportion population and urban area attributes to new polygons where municipalities have been split, based on the ratio of new size of split polygon/size of original polygon (3) Summarise population and urban area for all derived municipalities in a 10 × 10 km cell (4) Calculate indicator as per formula below
Formula	$\frac{\sum P}{\sum UA}$ with P = population, UA = urban area
Definitions	Urban area: aggregate measure for residential, commercial, industrial land and land in transportation infrastructure (= 'Siedlungs- und Verkehrsfläche') Population: number of people registered as usual residents in a municipality
References (selected)	Galster <i>et al.</i> (2001), Ewing <i>et al.</i> (2002), Frenkel and Ashkenazi (2008)
Indicator 2	Change in urban density
Description	Change of urban density between two base years (percentage)
Dimension	Density
Value domain	–80 to 70%
Base year(s)	1996, 2004
Source	Area statistics
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Calculate urban densities for 1996 and 2004 (2) Calculate the rate of change between the results as per the formula below

(Continued)

**Annex 1. (Continued)**

Formula	$\left( \frac{\sum P_t}{\sum UA_t} \div \frac{\sum P_{t-1}}{\sum UA_{t-1}} \right) \times 100$
Definitions	with $P$ = population, $UA$ = urban area Urban area: aggregate measure for residential, commercial, industrial land and land in transportation infrastructure (= 'Siedlungs- und Verkehrsfläche') Population: number of people registered as usual residents in a municipality
References (selected)	Anthony (2004), Schneider and Woodcock (2008)
Indicator 3	Greenfield development rate
Description	Number of new dwellings between two base years compared to new residential area ('greenfield area') (dwellings per hectare)
Dimension	Density
Value domain	0–610
Base year(s)	1996, 2004
Source	Area statistics
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Summarise new dwellings built between 1996 and 2004 per municipality (2) Subtract residential area 1996 from residential area 2004 for each municipality (3) Calculate the ratio between summarised dwellings and residential area result per municipality (4) For each grid cell, calculate an area weighted mean value for the greenfield development rates of the municipalities that intersect as per the formula below
Formula	$\frac{\sum D_t - \sum D_{t-1}}{\sum RA_t - \sum RA_{t-1}}$
Definitions	with $D$ = Number of dwellings, $RA$ = Residential area Dwellings: constructed buildings that require building consents or notifications New Residential area (= 'greenfield'): new area for housing and related open space (backyards, storage, etc.)
References	Siedentop, Heiland, Lehmann and Schauer-Lüke (2007)
Indicator 4	Effective share of open space
Description	Measures line lengths of 'undisturbed' open space within a grid of regular lines. Through its calculation formulae it puts more weight on longer stretches of open space, thus assigning exponentially higher values to larger undisturbed areas; the effective share of open space is the weighted ratio between line segments in open space and line segments in urban areas
Dimension	Pattern
Value domain	0–0.89
Base year(s)	2000
Source	CORINE land cover
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Construct a sub-grid of lines (1 × 1 km) for each 10 × 10 km cell (2) Use the geoprocessing routine "Erase" in ArcGIS to delete the lines that intersect urban area polygons (3) Summarise the remaining line lengths for each cell (4) Apply formula below
Formula	$\left( \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{mi} (dfw_{i,j} \div dw_i)^2 \right) \div n + \left( \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{li} (dfs_{i,j} \div ds_i)^2 \right) \div k \right) \div 2$
	with $dfw_{i,j}$ and $dfs_{i,j}$ = Length of analysis lines outside urban areas (west-east; north-south) $dw_i$ and $ds_i$ = Total length of analysis lines $n$ = Number of analysis lines, west-east

(Continued)

**Annex 1. (Continued)**

	<p><math>k</math> = Number of analysis lines, north-south  <math>m_i</math> = Number of segments in an analysis line</p>
Definitions	Analysis lines: straight lines dissecting each analysis cell in regular intervals Urban areas: CORINE 2000 polygons with CLC code <200, except mining (code131)
References	Schweppe-Kraft (2007), Ackermann and Schweiger (2008)
Indicator 5	Patch density
Description	Number of urban area polygons per 100 hectare
Dimension	Pattern
Units	Polygons per 100 hectare
Value domain	0–21
Base year(s)	2000
Source	CORINE land cover
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Dissolve urban areas in ArcGIS 9.2 to single-polygon entities (2) Extract centroids for each polygon to avoid double counting of areas that overlap cell boundaries (3) Summarise the number of centroid points within each cell (4) Apply formula below
Formula	$\sum \text{PUA}$ with PUA: Number of urban area patches
Definitions	Patch: single polygon generated from of all adjacent urban area categories in the CORINE land cover Urban area: CORINE 2000 polygons with CLC code <200, except mining (code131)
References	McGarigal and Marks (1995)
Indicator 6	Mean shape index
Description	Measures the average compactness of urban areas by comparison of the perimeter of an urban area to the perimeter of a circle of the same size. If the urban area is identical to a circle, the resulting value is 1. It becomes increasingly larger the more the urban area polygon deviates from the circular form
Dimension	Pattern
Value domain	1–20
Base year(s)	2000
Source	CORINE land cover
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Calculate the shape index for each polygon using the expression in the numerator of the formula below (2) Extract centroids for each polygon to avoid double counting of areas that overlap cell boundaries (3) Summarise number of centroids as the denominator for the formula below (4) Summarise the results of (1) for all centroids in a cell and divide by the results of (3)
Formula	$\frac{\sum_{j=1}^n (\text{PUA}_{ij} / 2\sqrt{\pi \circ \text{AUA}_{ij}})}{\text{TNUA}_i}$ with $\text{PUA}_{ij}$ = Perimeter of urban area polygon $ij$ $\text{AUA}_{ij}$ = Area of urban area polygon $ij$ $\text{TNUA}_i$ = Total number of urban area polygons
Definitions	Urban area: CORINE 2000 polygons with CLC code <200, except mining (code131)
References	McGarigal and Marks (1995)

(Continued)

**Annex 1. (Continued)**

Indicator 7	Openness index
Description	Measures the level of integration of new urban areas into the existing urban compound: percentage of non-urban area within a 1 km buffer zone of new urban areas. The lower the value, the better integrated the new urban area
Dimension	Pattern
Value domain	0–100
Base year(s)	1996–2000
Source	CORINE land cover
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Extract new urban areas from the CORINE land cover data set (2) Create a new layer that contains the new urban areas, extended by a 1 km buffer (3) Erase portions of the new layer that intersects with existing urban areas (4) Calculate the ratio between resulting shapes of (3) and the shapes in (2) as per formula below (= 'openness-index') (5) Extract centroids for each polygon to avoid double counting of areas that overlap cell boundaries (6) Calculate the average openness index for all centroids within a cell
Formula	$\sum_{i=1}^n \frac{BUA_{t-t_1} - UA\_B_i}{BUA_{t-t_1}}$ with BUA: 1 km buffer around new urban area UA_B: Existing urban area within the buffer $t, t_1$ : Reference years
Definitions	Urban area: CORINE 2000 polygons with CLC code <200, except mining (code131) New urban area: Polygons classified as urban area in CORINE 2000, but not in CORINE 1990
References	Angel <i>et al.</i> (2007)
Indicator 8	Share of urbanised land
Description	Percentage of urban land per hectare
Dimension	Surface
Value domain	0–100
Base year(s)	2004
Source	Area statistics
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Intersect municipalities with 10 × 10 km grid (2) Apportion urban area attribute to new polygons where municipalities have been split, based on the ratio of new size of split polygon/size of original polygon (3) Summarise the urban area statistic for all polygons within a cell (4) Calculate the ratio between the result of (4) and the cell area as per formula below
Formula	$\frac{\sum UA}{CA}$ with UA: Urban area CA: Cell area
Definitions	Urban area: aggregate measure for residential, commercial, industrial land and land in transportation infrastructure (= 'Siedlungs- und Verkehrsfläche')
References	European Environment Agency (2006a)
Indicator 9	New consumption
Description	New urban land in hectares
Dimension	Surface
Value domain	-600 to 2500
Base year(s)	1996–2004

(Continued)

**Annex 1.** (Continued)

---

Source	Area statistics
Software	ArcGIS 9.2
Implementation	(1) Calculate the difference between urban area 2004 and urban area 1996 for each municipality (2) Intersect municipalities with $10 \times 10$ km grid (3) Apportion the result to new polygons where municipalities have been split, based on the ratio of new size of split polygon/size of original polygon (4) Summarise the new urban area statistic for all polygons within a cell
Formula	$\sum \text{NUA}_{t-t_1}$ with NUA: New urban area $t, t_1$ : Reference years
Definitions	Urban area: aggregate measure for residential, commercial, industrial land and land in transportation infrastructure (= 'Siedlungs- und Verkehrsfläche') New urban area: difference between urban areas of two base years
References	European Environment Agency (2006)

---

***ANHANG B-3: FINA, S. eingereicht Juni 2012, in revidierter Form eingereicht im Dezember 2012. Patterns of Urban Sprawl: Measuring dispersion. Geographical Analysis, unveröffentlicht.***

# PATTERNS OF URBAN SPRAWL: MEASURING DISPERSION

Stefan Fina<sup>1</sup>

Correspondence: Stefan Fina, Institute of Regional Development Planning, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart, Germany

Email: [stefan.fina@ireus.uni-stuttgart.de](mailto:stefan.fina@ireus.uni-stuttgart.de)

*This research note investigates the way urban land use patterns and development trends of urban growth can be analysed. The focus is on the quantification of land use patterns that are typical for urban sprawl, and which are said to impact negatively on the resource efficiency of urban systems. Existing measurement concepts are found to be unsuitable to capture the possible variations of urban sprawl and their physical manifestation in terms of land use patterns. The paper introduces concepts for two new indicators that aim to overcome this limitation. The first indicator (Dispersion Index) compares the actual configuration of urban entities with a hypothetical maximum of urban sprawl in the developable part of an area. The second indicator (Functional Triangle) looks at the average nearest combinations of interacting land use functions (residential, business, public services) based on network distance. It serves as a quantification method for the neighbourhood mix of land use functions which is believed to prevent city environments from the worst impacts of urban sprawl. Both measures are described for simulated cases and initial tests for an area in Germany. The final sections discuss the results and conclude with an assessment of indicator performance.*

Initial submission: June 1, 2012.

Revision: December 27, 2012

---

<sup>1</sup> Institute of Regional Development Planning, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart, Germany

## Introduction

In the past decades, land conversions to urban uses and their associated impacts on the environment, but also on economical functions and society at large, have led many governments to formulate political strategies to control urban growth. Conservation strategies today are complemented by planning instruments to stop excessive urban growth and reduce land consumption rates. At the same time, the functional configuration of land uses within and between city environments has become a main topic of concern. Growth strategies have been proposed and implemented that promise to use infrastructure more efficiently and have a lower impact on ecological systems. Within the research community there is wide agreement that compact and planned developments with a high mix of land use functions and good integration within the existing urban compound are preferable over low-density, isolated developments that are so typical for urban sprawl (Dielemann and Wegener 2004; Glaeser and Kahn 2003; Cervero 2001; Real Estate Research Corporation 1974). At the same time, awareness about the role that urban structures play for the long-term sustainability of cities and their resource consumption does not necessarily stipulate appropriate decision-making. Many planning regimes struggle with the task to comprehensively assess the impacts of new developments, especially in the light of persisting development pressures and a poor understanding of the cumulative effects that many single developments sum up to in terms of landscape fragmentation and resource efficiency. On this background, this paper reflects upon quantitative tools to describe the state and trends of urban sprawl. It explains why current monitoring systems for urban sprawl have difficulties to assess urban land use configurations in this context: There is no reference for urban sprawl assessment that would work for all study areas, and the geography of a place needs to be considered. Another shortcoming is that existing approaches very often work with representations of urban land that ignore their internal make-up and function. On this background, two new indicators based on nearest neighbor analysis are introduced that address these issues. Their properties are described in simulated test cases and a study area in southern Germany. A discussion about indicator performance and prospects for future research conclude the article.

## Background

Urban growth is a type of land use change that usually comes at a high cost for environmental systems. Next to the amount of farmland, forests and freshwater systems that are being lost or modified for urban uses, habitats become ever more fragmented and resource use increases disproportionately if urban functions are dispersed and disconnected (Hasse and Lathrop 2003; Chin 2002). On this background, the establishment of accurate databases on the state and trends of urban growth is of special importance. However, the vast majority of researchers agree that it is not sufficient to simply monitor the amount of land that is being converted to urbanized areas. The impacts can only be assessed if there is information on the form and shape of the resulting settlements and the ecological functions of surrounding natural features, on the spatial configuration of infrastructure and the distribution of urban functions that it aims to service. Apart from rather experimental approaches to measure urban sprawl with only one indicator (Jaeger, Bertiller, Schwick and Kienast 2010) most of the more recent studies follow this line of thinking and differentiate between several impact dimensions that are measured with different indicators (Schneider and Woodcock 2008; Frenkel and Ashkenazi 2008; Siedentop et al. 2007; Kasanko et al. 2006; Tsai 2005; Wolman, Galster, Hanson, Ratcliffe, Furdell and Sarzynski 2005; Batty, Besussi and Chin 2003; Ewing, Pendall and Chen 2002; Johnson 2001).

As Torrens and Alberti (2000, p.33) rightly point out, urban land use change is a dynamic phenomenon, and the sprawling cities of today may develop to compact and efficient urban areas in the future. Accordingly, indicators on the current situation and measures for detectable trends are important elements of assessment. At the same time, there is growing evidence that urban sprawl can take on quite different forms depending on the geographic setting, the configuration of existing settlements or the specific development pressures of a study area. A uniform measurement that ignores these aspects would hamper any attempt to compare cities on the grounds of land use configuration alone.

A synthesis of the main strands of research has led to the introduction of an indicator framework that differentiates between aspects of land use composition, its density, and the configuration or patterns between interacting urban land use features (see Siedentop and Fina 2010 for a detailed description).

In the implementation of this framework the authors have found that the composition and density of land use are fairly straightforward to measure if consistent and detailed time series data exist. The pattern dimension, however, is much more difficult to address with meaningful indicators. Convincing candidates need to capture the distribution of land use features within a certain area, and are supposed to carry a clear message about the differentiation between desirable or undesirable patterns of urbanization. A number of author's have described the dispersion of urban functions as the main reason for negative economic and environmental impacts (Burchell, Downs, Mccann and Mukherji 2005; Galster, Hanson, Wolman and Coleman 2001; Johnson 2001; Torrens and Alberti 2000; Ewing 1994; Brueckner and Fansler 1983; Real Estate Research Corporation 1974; Harvey and Clark 1965). The central argument found for the economic impacts is that sprawled-out cities are much more difficult and costly to service with technical infrastructure like roads or sewer systems, and that they induce more individual traffic than compact cities do. On the environmental side, the same dispersed patterns are likely to disturb natural habitats more severely than compact mono- or polycentric cities do if they contain large pockets of undisturbed and interconnected open spaces. In general it can be said that substantial work goes into research that aims to measure landscape fragmentation (Esswein et al. 2002 ; Ackermann and Schweiger 2008 ; Schweppe-Kraft 2007), and indicators are generally available. The same cannot be said for the measurement of urban dispersion and its associated impacts for the resource efficiency of urban systems. Table 1 contains an overview over the existing measurement candidates in the literature and provides a brief assessment of the main aspects that limit their relevance from the author's point of view.

**Table 1** Existing measures to measure dispersion

<b>Indicator</b>	<b>Author</b>	<b>Assessment</b>
Scatteration	Torrens and Alberti 2000; Torrens 2008	Hypothetical, ignores development constraints
Shannon's Entropy, Gini Index, Geary/Moran coefficient	Galster et al. 2001; Malpezzi and Guo 2001; Tsai 2005	Hypothetical, ignores development constraints, subject to unpredictable effects if urban footprints amalgamate and infill development occurs
Fractal Geometry, Contagion, Juxtaposition, Interspersion Index	Torrens and Alberti 2000; Batty and Longley 1995; Batty 2005; Thomas, Frankhauser and Biernacki 2008; Thomas, Frankhauser and Badariotti 2012	Addresses compactness of single urban footprints, not so much activity levels between urban areas
Landscape metrics (patch density, proximity index, shape index)	Frenkel and Ashkenazi 2008; Siedentop et al. 2007; Sudhira, Ramachandra and Jagadish 2004; Blaschke and Lang 2007; Schwarz 2010	Ignores development constraints and internal setup of urban patches; inconsistent results when scale of observation changes (proximity index)

The summarized shortcomings of the proposed indicators are:

- They fail to perform when they are applied to areas with differing levels of urbanization, where some urban patches may be considered self-sufficient to some degree and others are dependent entities (“scalability”).
- They do not give effect to the geographic setting in a study area, but rather operate “in the void”, i.e. there is no consideration for development constraints and many ignore the internal setup of a city. The problem is all too often reduced to an analysis of built-up versus non-built up configurations of urban footprints.
- Moreover, there is no consideration for the preexisting settlement structure as a baseline for assessment. Due to economies of scale, efficiency gains are likely if settlements amalgamate and densities increase. It is often difficult to say where undesirable dispersion turns into a desirable concentration of urban functions, and vice versa if urban areas are in a state of deconcentration.

In conclusion, the conceptual ideas for these indicators have to be rethought. The challenge is to capture the state of urban sprawl in a real world where historically grown cities mature to polycentric city structures or larger metropolitan areas that are functionally interconnected, and both growth and shrinkage of urban regions can be assessed.

## **Measuring dispersion**

In this context, the rethinking of dispersion as a key variable in urban sprawl monitoring is based upon the work of Galster, Hanson, Wolman and Coleman (2001). Their study demonstrates from a conceptual point of view that it is mainly the distance and intensity of interactions between agents of energy consumption (households, businesses) that lead researchers to believe that a compact geographic composition is preferable from a policy point of view. Highly dispersed urban functions cause higher costs in terms of infrastructure provision and travel distances, but the first fundamental question is: How do we represent these functions in a measurement concept? Most research on urban sprawl operates with generalized representations of these agents of energy consumption and makes assumptions around their energy use and the levels of activity of and between their spatial locations (for example households, buildings, land use zones, or even urban footprints as a whole). Torrens and

Alberti call this aspect the “agency of urban sprawl”, where researchers work with proxies to account for the “distribution of people around the urban environment and measures of the built environment in which people live, work, and play” (Torrens and Alberti 2000, p. 35). The most popular proxy that is being used to attribute urban entities<sup>i</sup> with the level of interaction that takes place within it is density - either of people, households, buildings, or workplaces. This leads to the formulation of a new indicator that measures the distances between origins and destinations that are attributable to the settlement structure (see the section below on the *Functional Triangle*).

The second fundamental question is what spatial configurations of urban entities can be called dispersed in an urban sprawl sense. The hypothesis here is that there needs to be a normative reference for the dispersion of urban entities. This can be thought of as a ranking of the current situation on a scale from best to worst configuration, taking development constraints and the functional status of settlements into account. The proposed new indicator *Dispersion Index* therefore introduces three requirements that are not present in the attempts to measure urban dispersion known to the author:

- (R1) To introduce a normative reference against which the current situation can be measured, and
- (R2) To account for undevelopable land in any assessment of urban dispersion, and
- (R3) To give effect to the fact that urban entities of a certain size and significance achieve a certain status of self-sufficiency and do not contribute to urban dispersion in a sprawl sense.

### **Dispersion Index (DI)**

The *Dispersion Index (DI)* is based on a nearest neighbor analysis of the actual distribution of urban entities (e.g. blocks, buildings or households) with the hypothetically most dispersed distribution of the same number of entities throughout the developable part of a study area. With this approach, it gives effect to requirements R1 and R2 spelled out above. The result is an enhancement of the “nearest neighbor ratio” which is available in a range of software products that measure dispersion (e.g. Spatial Statistics Toolbox in ArcGIS)<sup>ii</sup>. This ratio is then weighted by a functional representation of the level of urbanization in the area to give effect to R3 (for example using the German central places system as a database).

*DI* is designed to work with any agency of urban land use change, be it buildings, land use zones or urban areas. The indicator can be calculated for any setting that contains urban entities. It is sensitive towards feature weightings of urban entities if available (e.g. number of people, households, etc.) and land use constraints (i.e. restricted areas for development). The implementation of *DI* requires some preprocessing of spatial data before the final value can be calculated. Fig. 1 shows the workflow for a sample implementation. From a technical point of view, the most challenging part is the artificial dispersion of urban entities. It takes all actual locations in the study area and spaces them out as equally as possible within the developable part of the study area. The algorithm to compute the artificial distribution is based on automated recursive splitting of developable land into equal areas until the number of urban entities is reached<sup>iii</sup>. The distributed locations are then extracted from the centroids of these areas. There can be minor inaccuracies in the result from ordering effects in the recursive splitting algorithm and orientation of equal area units (depending on shape of unit).

The resulting pattern is the theoretically most sprawling configuration of urban entities that is possible within the study area (see step 3 in Fig. 1). The logic is: the closer the average distances between actual locations are to the average distances between the distributed locations, the more dispersed the area is (step 4). This holds true for study areas with low levels of urbanization but needs to be put into context when many self-sufficient urban areas are present and distances do not contribute to dispersion. This is why in step 5 a weighting occurs with the level of urbanization, computed as the ratio of artificially distributed urban areas that fall within urban areas with a central place status. The formula to calculate the final value for *DI* is shown in step 6, where the nominator calculates the nearest neighbor ratio between the actual and artificially distributed urban entities, and the denominator gives effect to the level of urbanization through the number of urban entities located in central places. Table 2 shows the most important properties for *DI* tested so far, and gives an overview over results in different simulated settings.

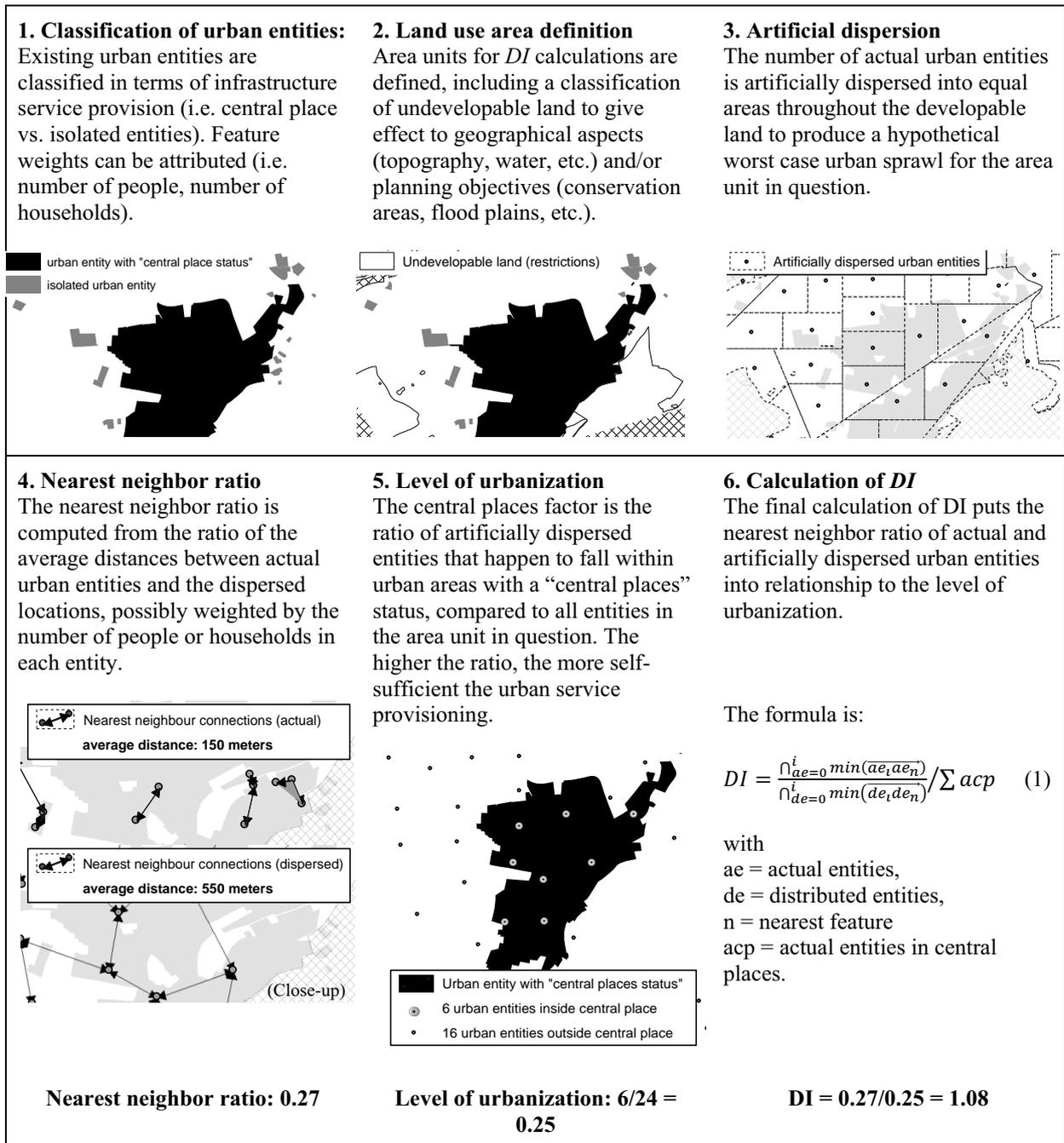
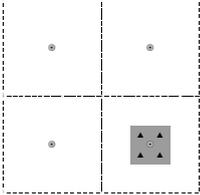
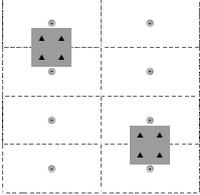
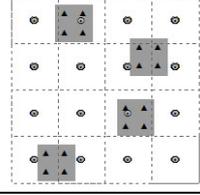
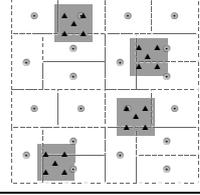
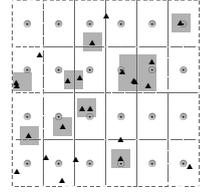
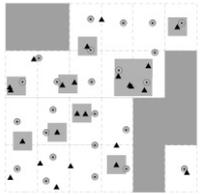
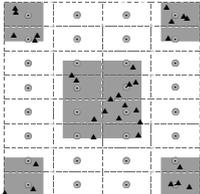
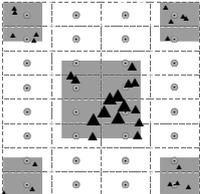
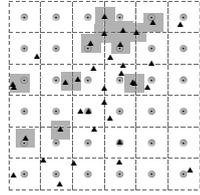
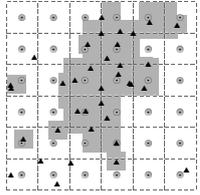


Figure 1. Workflow for the calculation of the *Dispersion Index*.

Preliminary tests using official cadastral and planning data for study regions in Southern Germany were based on the average distances between population-weighted building locations (residential, industrial, public services, mixed), and also included restrictions for development and legally binding regional planning designations.

**Table 2** Sensitivity tests for relevant properties of the *Dispersion Index*

		
<b>DI increases with disconnected greenfield developments</b>	<b>Var. 1: small town</b> (n=4, DI=0,8)	<b>Var. 2: disconnected</b> (n=8, DI=1,14)
<i>When new urban entities are developed disconnected from existing entities, DI goes up. This is the case even if the spacing of new urban entities is as dense as for the existing. The relation to the added number of entities in the nearest neighbor ratio of actual versus artificially distributed entities ensures that this property is always true.</i>		
<b>DI decreases with infill development</b>	<b>Var. 3: greenfield</b> (n=16, DI=3,2)	<b>Var. 4: infill</b> (n=20, SR=1,75)
<i>Additional disconnected greenfield developments can be considered as dispersed when compared to a single compact development (variation 3 vs. variation 1). However, if infill development occurs in existing urban areas, average distances between urban entities decrease, and accordingly, DI goes down.</i>		
<b>DI increases when restricted areas are taken into account</b>	<b>Var. 5: dispersed</b> (n=24, DI=2,78)	<b>Var. 6: restricted</b> (n=24, DI =2,9)
<i>In a randomly dispersed configuration of entities, DI is quite high. When geographical restrictions are considered (= undevelopable land) for the same configuration, remaining open spaces cannot be used for the artificial distribution of entities, and consequently, DI goes up.</i>		
<b>DI takes feature weights into account</b>	<b>Var. 7: equal entities</b> (n=32, DI=0,95)	<b>Var. 8: weighted</b> (n=32, DI=0,51)
<i>For each urban entity, a feature weight can be applied to distance calculations to give effect to different densities and thus likely levels of interaction between entities (e.g. number of households, number of people). The artificially dispersed entities carry an average weight. With this technique, density variations are included in DI and higher concentrations of interacting agents in an urban center reduce DI.</i>		
<b>DI gives effect to urban concentration</b>	<b>Var. 9: leapfrogging</b> (n=36, SR=5,17)	<b>Var. 9: amalgamation</b> (n=36, SR=1,48)
<i>Urban area configuration can be considered dispersed if entities are isolated from each other and cannot share infrastructure provisions. When they grow together, economies of scale allow for joint use of services and infrastructure, thus increasing efficiency. DI considers this effect by counting the number of entities in the artificial distribution that intersect existing urban areas and using the result as a weighting factor.</i>		

The results cannot be shown in detail in this research note, the positive aspects, however, can be summarized as follows:

- *DI* allows for comparative analysis of any type of administrative or geographically defined area, regardless of their areal size, topographic setting, and no matter how many entities they are made up of.

- *DI* is straight forward to calculate and the concept of a comparison between actual and artificially dispersed urban entities is intuitive to understand and descriptive to communicate.
- *DI* is suitable to monitor land use change over time: The measure will react if new urban entities are added to existing urban compound. *DI* will either go down when average distances between actual entities decrease (this is mostly the case with infill development) or go up when the average distances increase (typical for isolated greenfield developments).
- *DI* can give effect to weighted features, for instance with the number of people living in a building or the number of households in an area. With such information energy consumption or number of trips that originate from a building can be modeled more accurately.

These initial tests are certainly insufficient to prove the practicability of the new indicator. Its acceptance will depend on the performance of the measure in future implementations. Some of the challenges that are foreseeable at this point are:

- The values of *DI* depend to a large degree on the definition of developable and undevelopable land for the artificial dispersion process of urban entities. Inclusion or exclusion of certain restrictions can cause large variations. Expert knowledge is needed to make informed judgments and reach consensus about the definition of restrictions.
- Feature weighting (number of people, households, etc.) for *DI* is a good way to include information on the intensity of interactions in the study area and works well for residential urban entities. Business and industry interactions are more difficult to include. Business data on the number of employees or pedestrian volumes could help to reach good approximations.
- *DI* is currently a measure that combines simple point pattern analysis (nearest neighbor algorithms) with a rather complicated algorithm for the distribution of urban entities as points (extracted as centroids from polygons). *DI* could also work for the actual polygons (i.e. blocks, census tracts, land use zones) if the distribution process could be refined so that features can be equally distributed reflecting their actual size<sup>iv</sup>.

In summary, this indicator or variations thereof will hopefully be explored further and / or combined with other measures to fill methodological gaps and possibly stimulate some further research.

## Functional triangle (FT)

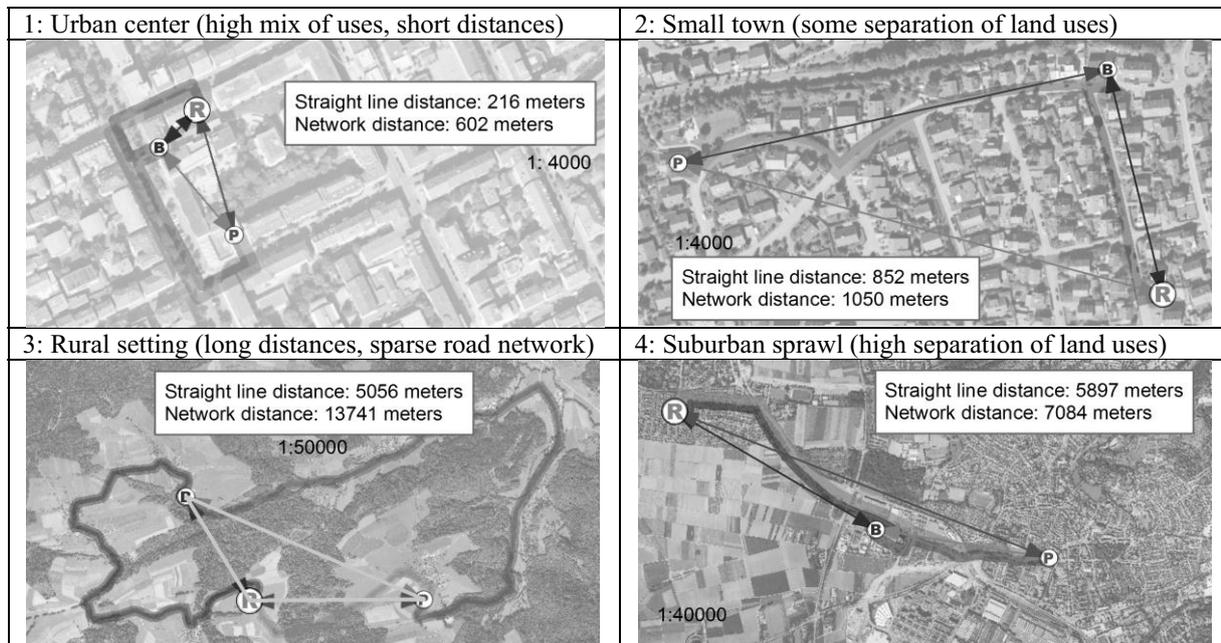
The second indicator introduced to measure the dispersion of urban functions is called the *Functional Triangle (FT)*. Like *DI* it is based on an adaptation of point pattern analysis with average nearest neighbors. The difference, however, is that it does not measure distances between all urban entities, but differentiates between their function. The concept goes back to theories about urban planning and land use change that describe a low neighborhood mix of land uses as a typical outcome of urban sprawl (see background section). The idea is to analyze the minimum distance between the main origins and destinations that most households need to travel to in daily activities, forth and back. Essentially, the indicator adopts methods from transport modeling and replaces qualitative inputs (usually derived from household surveys) with highly generalized proxies for trip purpose, trip rates, and origin-destination matrices:

- Trip purposes cover residence to business (industrial, retail, warehousing), residence to public services location (schools, administration, recreation), and business to public services.
- Trip rates are replaced by feature weightings of residential units, i.e. number of households or number of people.
- Detailed origin-destination matrices are replaced by nearest neighbor trip chains, starting with residential entities.

The minimum distance is the closest triangle that can be formed between the trip purpose functions in the existing configuration of urban entities (see Fig. 2). This is not to say that closest connections are the most relevant ones in reality or that this approach could capture actual interactions. Its aim is to give an average indication about the compactness or dispersion of urban functions, and from that perspective distance is certainly a crucial evaluator. In other words, people in areas with shorter average *FT* distances are likely to have to travel less for their daily activities than in areas with long average distances.

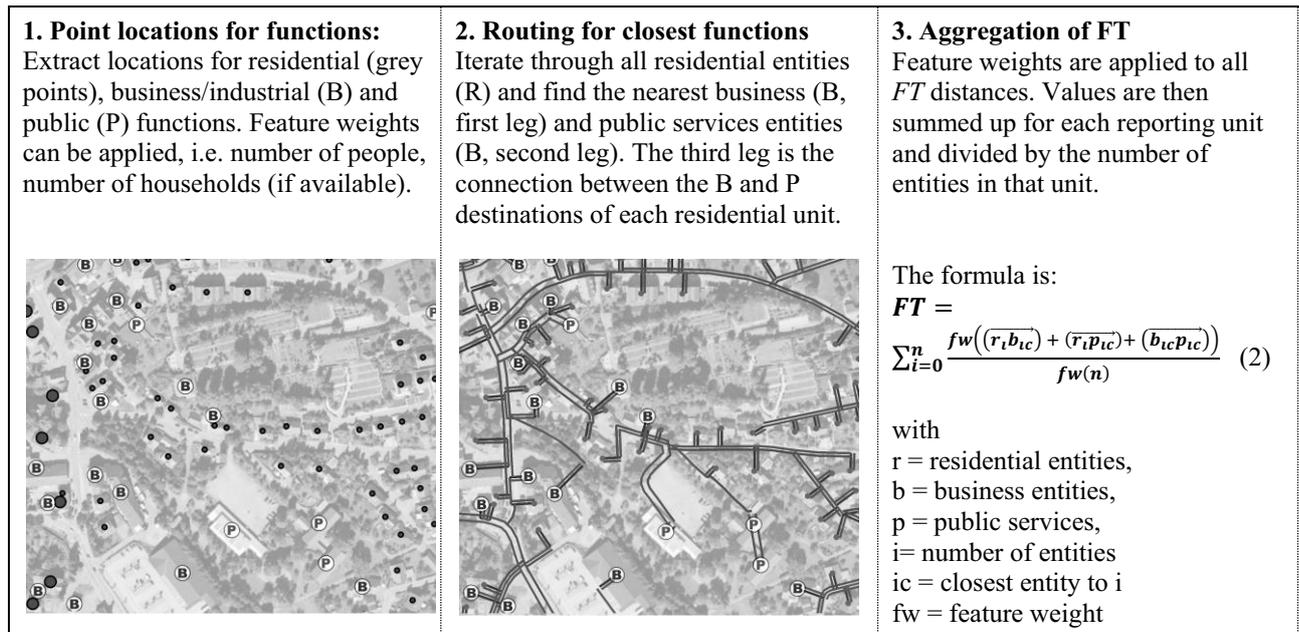
Ideally, a road network is used for distance calculations, as roads usually reflect the geographical conditions in an area (topography, waterways, etc.) and give more meaningful distances for calculations. Fig. 2 shows examples of typical travel paths for *FT*: Example 1 is a dense urban center

where all functions are within the same or in adjacent blocks, distances are small (due to the large size of the buildings, straight line distances are significantly smaller than network distances). Example 2 shows a small town which has grown in zones around a historic center. Business locations and public services are separated from residential zones, distances are therefore slightly higher. Example 3 shows a typical rural setting for Southern Germany: Small villages share a range of service functions, usually with high levels of commuting and large distances that need to be covered. The last example (4) depicts the type of urban growth that is most commonly referred to as urban sprawl: A high segregation of land uses with extensive land consumption for industrial and residential locations, mostly along major roads and isolated from the city center. Distances that need to be covered are therefore large.



**Figure 2.** Examples of the *Functional Triangle* calculation (aerial photographs from the Ministry of the Environment of the State of Baden-Württemberg, road network from GeoStreet+, infas Geodaten GmbH).

The final indicator value is based on the calculation of the average distance for all functional triangles in a study area. In terms of data it can be computed with any spatial representation of urban entities as long as they can be differentiated in terms of their function (i.e. households, buildings, land use zones) and attributed with a meaningful number of trips. Fig. 3 illustrates the workflow for the calculation of *FT*: the nominator is calculated through the aggregation of all functional triangles in the study area, divided by their number (see formula in step 3).



**Figure 3.** Workflow for geodata processing and calculation of the *Functional Triangle* (aerial photographs from the Ministry of the Environment of the State of Baden-Württemberg, road network from GeoStreet+, infas Geodaten GmbH).

Test cases for *FT* were conducted with the same data and study area as for *DI*, using population-weighted building types from the cadastral database of the State of Baden-Württemberg. The initial findings indicate that

- *FT* produces a good overview about the neighborhood mix of land uses in a study area. It can be used for any study area, and since it is a simple distance measurement, it is easy to interpret and to communicate.
- When used with population or household weightings, the *FT* combines pattern information about urban configurations with density information. With the result being an average distance, feature weightings reflect the density information in the final value.
- *FT* can be measured for the current state of the neighborhood mix of land uses as well as for trend analysis. Any new (residential) development of urban entities will immediately have an impact on distance calculations.

At the current state of development of the *FT*, limitations and challenges that can be foreseen are:

- The measurement of interactions between urban entities with nearest neighbor connections is to a large degree hypothetical. Although one could expect that the distance to business opportunities and services play an important role in terms of the impact characteristics attributed to sprawl, this

relation possibly varies between different types of urban areas and also transport opportunities (pedestrian, public transport, road network).

- The inputs into calculations are critical. The nearest neighbor method may be suitable to detect closest facilities, but there is no information about the quality or attractiveness of these facilities. On the one hand, additional information on business locations and public services (i.e. number of workplaces, attractiveness index, etc.) would help to assess the importance of connections more precisely. On the other, it would also add complexity since it would require rankings of likely origin-destination combinations.
- The focus is currently on residential urban entities. It is possible that new industrial sites are developed further away from the existing residential area and that the *FT* does not react since new closest connections are not being established.

## Synthesis

The impacts of dispersed urban entities on the resource efficiency of urban systems present a number of challenges for quantitative research. Meaningful indicators need to give effect to functional aspects in order to add value to urban sprawl assessments. Two new measurement methods were introduced and tested that address these requirements, adapting nearest neighbor algorithms to specific urban land use change questions. The *Dispersion Index* models the limits of growth in an area, described as the theoretical maximum sprawl of urban entities. With the actual distribution being compared to the maximum sprawl, the measure can support longitudinal monitoring as well as comparative analysis and inform decision-makers about the current situation and evaluate development paths. An important addition to the concept of this indicator is the inclusion of development constraints and the differentiation of the resulting nearest neighbor ratios for different levels of urbanization. Test cases show that the indicator would be useful in assessments of greenfield vs. infill development. The second indicator, the *Functional Triangle (FT)*, focuses more specifically on the accessibility and land use mix of urban functions. It measures the distance between residential entities with the nearest businesses and public services and averages all connections in an area to a mean *FT* distance. From a

planning perspective, *FT* can be used to monitor the mix of land use functions that impacts on the average potential distances people have to travel.

In conclusion, the research ideas presented here warrant further analysis in detailed simulation experiments. A number of foreseeable deficiencies of the new indicator have clearly been mentioned in the respective discussion sections and need to be considered when conducting statistical tests for the new values. Further sensitivity testing and implementations with other data sets in other areas are planned, as well as standardized versions of the *Dispersion Index* and *Functional Triangle* supported by efficient software tools.

## Notes

<sup>i</sup> The general term used for all variations of this agency is urban entities.

<sup>ii</sup> In contrast to these prefabricated tools, the ratio calculated here is not fixed to a rectangular study area and the reference distribution of points used in the denominator is not based on random point patterns. It allows for the exclusion of irregular polygons that represent undevelopable areas, and the reference point pattern is regular because it uses a division algorithm that splits the developable part of the study area into deterministic equal areas.

<sup>iii</sup> adapted from W. Huber, Quantitative Decisions, <http://forums.esri.com/Thread.asp?c=3&f=38&t=208496>, accessed 20 March 2012

<sup>iv</sup> GIS algorithms to solve the task of “distributing polygons by area-weighted distance” are problematic from a mathematical point of view.

## Literature

- Ackermann, W. and M. Schweiger. (2008). „F+E-Vorhaben Indikatoren für die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt – Bericht zur PAG ‚Zersiedelungsindikator‘“. Munich, PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH.
- Batty, M., E. Besussi, and N. Chin. (2003). “Traffic, Urban Growth and Suburban Sprawl”. *Centre for Advanced Spatial Analysis Working Paper Series 70*, University College London.
- Batty, M. (2005). *Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- Batty, M. & P. Longley (1995). *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function*, London, Academic Press.
- Blaschke, T. and S. Lang. (2007). *Landschaftsanalyse mit GIS*, Stuttgart, Ulmer Verlag.
- Bruelckner, J. K., and D. A. Fansler. (1983). “The economics of urban sprawl: theory and evidence on the spatial size of cities”. *The Review of Economics and Statistics* 65, 479-482.
- Burchell, R. W., A. Downs, B. McCann, and S. Mukherji. (2005). *Sprawl costs. Economic impacts of unchecked development*, Washington, Covelo, London, Island Press.
- Cervero, R. (2001). Efficient urbanisation: economic performance and the shape of the metropolis. *Urban Studies* 38, 1651-1671.
- Chin, N. (2002). “Unearthing the Roots of Urban Sprawl: A Critical Analysis of Form, Function and Methodology”. *CASA Working Paper Series 47*, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.
- Dielemann, F. and M. Wegener. (2004). “Compact city and urban sprawl”. *Built Environment* 30(4), 308-323.
- Esswein, H., J. Jaeger, H.-G. Schwarz-v. Raumer, and M. Müller. (2002). „Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg“. *Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg*, Universität Stuttgart.
- Ewing, R. (1994). “Characteristics, causes, and effects of sprawl: A literature review”. *Environmental and Urban Issues* 21, 1-15.
- Ewing, R., R. Pendall, and D. Chen. (2002). *Measuring sprawl and its impact*. Smart Growth America.
- Frenkel, A. and M. Ashkenazi. (2008). “Measuring urban sprawl: how can we deal with it?”. *Environment and Planning B* 35, 1-24.
- Galster, G., R. Hanson, H. Wolman, and S. Coleman. (2001). “Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept”. *Housing Policy Debate* 12, 681-717.

- 
- Glaeser, E. L. and M. E. Kahn. (2003). "Sprawl and Urban Growth". Harvard Institute of Economic Research, Harvard University.
- Harvey, R. O. and A. V. Clark. (1965). "The nature and economics of urban sprawl". *Land Economics* 41, 1-9.
- Hasse, J. E. and R. G. Lathrop. (2003). "Land resource impact indicators of urban sprawl". *Applied Geography* 23, 159-175.
- Jaeger, J., R. Bertiller, C. Schwick, D. Cavens, and F. Kienast. (2010). "Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl". *Ecological Indicators* 10, 427-441.
- Johnson, M. P. (2001). "Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda". *Environment and Planning A* 33, 717-736.
- Kasanko, M., J. I. Barredo, C. Lavalle, N. McCormick, L. Demicheli, V. Sagris, and A. Brezger. (2006). "Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas". *Landscape and Urban Planning* 77, 111-130.
- Malpezzi, S. and W.-K. Guo (2001). "Measuring Sprawl: Alternative Measures of Urban Form in U.S. Metropolitan Areas". Madison. The Center for Urban Land Economics Research. University of Wisconsin.
- Real Estate Research Corporation. (1974). "The costs of sprawl: Detailed cost analysis". Washington D.C., Council on Environmental Quality, Office of Policy Development and Research, Department of Housing and Urban Development, Office of Planning and Management. Environmental Protection Agency.
- Schneider, A. and C. E. Woodcock. (2008). "Compact, dispersed, fragmented, extensive? A comparison of urban growth in twenty-five global cities using remotely sensed data, pattern metrics and census information". *Urban Studies* 45, 659-692.
- Schwarz, N. (2010). "Urban form revisited. Selecting indicators for characterising European cities". *Landscape and Urban Planning* 96, 29-47.
- Schweppe-Kraft, B. (2007). „Indikator zur Messung der Zersiedelung der Landschaft. Vorschlag eines einfachen, anschaulichen und zuverlässigen Indikators ‚effektiver Freiflächenanteil‘ zur Messung der Zersiedelung der Landschaft“. Bonn, Bundesamt für Naturschutz.
- Siedentop, S. and S. Fina. (2010). "Monitoring urban sprawl in Germany: towards a GIS-based measurement and assessment approach". *Journal of Land Use Science* 5, 73-104.
- Siedentop, S., S. Heiland, I. Lehmann, and N. Schauerte-Lüke. (2007). „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie - Flächenziele“. *Forschungen, Heft 130*, Bonn, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Sudhira, H. S., T. V. Ramachandra, and K. S. Jagadish. (2004). "Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS". *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5, 29-39.
- Thomas, I., P. Frankhauser, and D. Badariotti (2012). "Comparing the fractality of European urban neighbourhoods: do national contexts matter? ". *Journal of Geographic Systems* 14, 189-208.
- Thomas, I., P. Frankhauser, and C. Biernacki (2008). "The morphology of built-up landscapes in Wallonia (Belgium): A classification using fractal indices". *Landscape and Urban Planning* 84, 99-115.
- Torrens, P. M. (2008). "A Toolkit for Measuring Sprawl". *Applied Spatial Analysis and Policy* 1, 5-36.
- Torrens, P. M. and M. Alberti. (2000). "Measuring sprawl". *CASA Paper 27*, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.

---

Tsai, Y.-H. (2005). "Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'". *Urban Studies* 42, 141-161.

Wolman, H., G. Galster, R. Hanson, M. Ratcliffe, K. Furdell, and A. Sarzynski. (2005). "The Fundamental Challenge in Measuring Sprawl: Which Land Should Be Considered?", *The Professional Geographer* 57, 94-105.

**ANHANG B-4: FINA, S., TAUBENBÖCK, H., WURM, M. & SIEDENTOP, S. 2010.**  
**Planungsrelevante Messgrößen der Stadtentwicklung - was leisten hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten? In: TAUBENBÖCK, H. & DECH, S. (Hrsg.) Fernerkundung im urbanen Raum. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.**

## 7. Interdisziplinäre Forschungsansätze auf der Basis fernerkundlicher Informationen

»Sag mir, wo du wohnst, und ich sage dir, wer du bist!« In dieser provokanten Aussage wird deutlich, dass der Raum durchaus prägend auf die dort lebenden Menschen einwirkt. Die Fernerkundung erlaubt es, den Lebensraum einer Person in Form physischer Komponenten hoch detailliert zu beschreiben (vgl. Kap. 4, 5 & 6). Der Vielschichtigkeit, die den Lebensraum tatsächlich ausmacht, wird diese Herangehensweise aber nicht vollauf gerecht. Eine Forschungsdisziplin allein kann die ganzheitliche Beschreibung der Umwelt daher nicht liefern.

Eine komplementäre Integration von Daten und Methoden anderer Forschungsdisziplinen zielt auf eine zusätzliche Inwertsetzung fernerkundlicher Produkte ab. So stehen viele direkt

abgeleitete Ergebnisse im Zusammenhang mit Informationen, die nicht in den fernerkundlichen Daten wiedergegeben sind. Die ermittelte Anzahl, Größe und Höhe von Gebäuden ist beispielsweise ein indirekter Hinweis auf die Anzahl der dort lebenden Personen. Die Lage und physische Struktur mag zudem indirekt Aufschluss über Umwelt- und Lebensbedingungen geben. Anhand verorteter sozioökonomischer Information können Zusammenhänge zwischen der gebauten und der gelebten Stadt untersucht werden. Im Folgenden zeigen Beispiele interdisziplinärer Methodenentwicklung das Potenzial, im Verbund verschiedener Forschungsdisziplinen planungsrelevante Mehrwerte zu erzielen.

### 7.1 Planungsrelevante Messgrößen der Stadtentwicklung – was leisten hoch aufgelöste Fernerkundungsdaten?

*S. Fina, H. Taubenböck, M. Wurm & S. Siedentop*

#### Einleitung

Die Aufgabenstellungen einer modernen Raumplanung erfordern in immer größerem Umfang, dass planerisch relevante Messgrößen auf der Grundlage umfassender quantitativer Analysen statistischer und räumlicher Daten zur Verfügung gestellt werden. Erst aus der Aufbereitung dieser Informationen entstehen die notwendigen Kenntnisse, um raumbezogene Entwicklungstrends zu erfassen, Planungserfordernisse abzuleiten und die Wirkungen planerischen Handelns zu beurteilen. Grundlage hierfür sind

zum Beispiel räumlich und zeitlich differenzierte Informationen zu Demografie, Wirtschaftsstruktur, Umweltbelastungen oder Landnutzung. Im Zuge technologischer Fortschritte, insbesondere im Bereich der Geoinformatik, entwickeln sich auch die Potenziale der raumbezogenen Datenanalyse – allerdings nur wenn die Bereitstellung der benötigten Datengrundlagen mit den technologischen Entwicklungen Schritt halten kann. So sind zum Beispiel die Analysemöglichkeiten räumlicher Daten häufig nicht mehr durch die Werkzeuge der Softwareumgebungen eingeschränkt, sondern vielmehr

durch den Mangel an qualitativ hochwertigen Geodaten mit ausreichender Aktualität, gesicherter Fortschreibung und großmaßstäblicher Auflösung. In Modellvorhaben konnte in der jüngeren Vergangenheit immer wieder gezeigt werden, welches hohe Maß an Entscheidungsunterstützung durch moderne »Raumanalytik« möglich ist. Der Schritt vom Modellprojekt zum raumplanerischen Alltag scheitert aber häufig an der Datenverfügbarkeit, an der Unwirtschaftlichkeit der notwendigen Erhebungen und mancherorts auch am mangelnden politischen Interesse. Letzteres dürfte auch darin begründet sein, dass Entscheidungsträger häufig kaum eine Vorstellung davon haben, wie ein datengestütztes Monitoring und Controlling räumlicher Entwicklungen bzw. Planungen aussehen kann und welche Nutzeneffekte davon ausgehen.

Dieser Beitrag zielt daher auf die Beschreibung von Diskrepanzen zwischen technischen Möglichkeiten und realer Anwendungsbreite ab, indem die derzeitigen Möglichkeiten zur Bereitstellung planerisch relevanter Messgrößen exemplarisch, und die Informationsgewinnung von Landnutzungsdaten im Besonderen dokumentiert werden. Dies soll zum einen die Relevanz der Daten- und Informationspotenziale für planerische Aufgabenstellungen verdeutlichen, zum anderen soll für das Monitoring der Landnutzung aufgezeigt werden, wo die Problemfelder der Datennutzung derzeit liegen und wie sie nach Möglichkeit zu überwinden sind. Hierzu werden mit Hilfe einer Literaturanalyse und eigener Erkenntnisse die Datengrundlagen der Flächenstatistik und des amtlichen Vermessungswesens einer Bewertung unterzogen. Im Anschluss werden im empirischen Teil die Potenziale von Fernerkundungsmethoden zur Extraktion von Planungsindikatoren aus Satellitenbildern dargestellt und exemplarisch für die Städte München und Köln berechnet und interpretiert. In der Synthese der Ergebnisse werden zusammenfassend der derzeitige Stand der Datenpotenziale für ein umfassendes Landnutzungs-Monitoring in Deutschland aufgezeigt und abschließend Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung benötigter (Geo-) Dateninfrastrukturen formuliert.

## Monitoring und Zielcontrolling

### Hintergrund

In der Stadt- und Regionalplanung beschäftigen sich Monitoring und Zielcontrolling mit der umfassenden Beobachtung und Dokumentation von Zuständen und Entwicklungen des Raumes und deren Bewertung anhand von in Plänen und Programmen festgelegten Zielen. Sie sind deshalb den Methoden der Raumbeobachtung zuzuordnen. Dabei muss prinzipiell zwischen den methodischen Ansätzen von Monitoring und Controlling unterschieden werden (BIRKMANN et al., 1999; JACOBY, 2009):

- Monitoring *beschreibt* die weitgehend essenzenneutrale Aufnahme und Analyse von Raumzuständen und Entwicklungen zur Bereitstellung objektiver Bewertungsgrundlagen.
- Controlling *bewertet* räumliche Entwicklungen mit Blick auf planerische Zielsetzungen im Bezugsrahmen messbarer Kenngrößen und definierter Zielgrößen. Neben der »Zielerreichungskontrolle« ist die »Wirkungskontrolle« wesentlicher Gegenstand eines raumbezogenen Controllings. Die Wirkungskontrolle zielt auf die Erklärung festgestellter räumlicher Veränderungen durch Identifikation der auslösenden Ursachen. Für die Planung ist insbesondere wichtig, ob sich Veränderungen als (gewünschtes oder unerwünschtes) Ergebnis planerischer Interventionen oder als Resultat des Handelns externer räumlicher Akteure eingestellt haben.

Grundlage für die Umsetzung beider Ansätze sind relevante Messgrößen oder Indikatoren, deren Rolle für die Operationalisierung von Monitoring und Zielcontrolling, zum Beispiel von Birkmann et al. (1999), beschrieben wird. Dabei stellen die Autoren fest, dass planerischer Handlungsbedarf erst aus der Kombination neutraler Beobachtungen mit normativen Zielsetzungen abgeleitet werden kann. In der Praxis bedeutet dies häufig, dass Datengrundlagen im Monitoring von Raumzuständen erhoben werden und über die Ableitung von Indikatoren mit normativem oder eindeutigen Zielbezug als

Controlling-Instrument Verwendung finden. In diesem Sinne wurde zum Beispiel die Raumb Beobachtung bereits seit 1965 als verpflichtende Aufgabe für die Raumplanung definiert. Mit Hilfe von Datengrundlagen aus der Bundes- und Regionalstatistik, der Landesvermessung und anderer Quellen (z. B. Bundesagentur für Arbeit) werden »neutrale« Daten ausgewertet, die nicht spezifisch für die Zwecke der Raumb Beobachtung entwickelt wurden. Sie werden allerdings als Indikatoren der Raumentwicklung in einen planerischen Zielbezug eingestellt (BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG, 2005).

Seit den 1980er Jahren wurde die Raumb Beobachtung sukzessive auf die Zielsetzungen nachhaltiger Entwicklung angepasst und gesetzlich verankert (JACOBY, 2009; KOCH, 2009). Ungeachtet anhaltender inhaltlich-methodischer Unsicherheiten in Fragen der Messbarkeit nachhaltiger Raumentwicklung sind seither zahlreiche Kriterien- bzw. Indikatorensysteme für ein nachhaltigkeitsorientiertes planerisches Zielcontrolling vorgeschlagen worden (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, 2007; SIEDENTOP et al., 2007). Diese Arbeiten sind Ausdruck eines wesentlich breiteren inhaltlichen Verständnisses von nachhaltiger Raum- und Flächenentwicklung und haben zu deutlich höheren daten- und informationstechnischen Anforderungen an die Raumb Beobachtung beigetragen. Neben der Weiterentwicklung spezifischer Messgrößen für einzelne Handlungsfelder wird nun vermehrt Wert auf die Abbildung systemischer Zusammenhänge gelegt, die als Zusammenspiel sozialer, ökologischer und wirtschaftlicher Belange den Zustand und die Entwicklung des Raumes prägen (BIRKMANN et al., 1999; LANG, 2005). Im Diskurs um die Auswirkungen der Stadtstruktur auf den Ressourcenverbrauch gewinnen kleinräumige Analysen bis hin zur Gebäudeebene an Bedeutung. Neben direkten Umweltbelastungen wie Luft- und Gewässerverschmutzung werden nun der zunehmende Flächenverbrauch und die damit einhergehende Ineffizienz von Infrastruktur und Gebäudeversorgung als umweltrelevant wahrgenommen und teilweise mit Controlling-Zielen versehen. Die Komplexität der bislang

vorgeschlagenen Messmethoden zu dieser Thematik (in der Literatur als *Urban Sprawl* oder Zersiedelung/Flächeninanspruchnahme bekannt) belegen die besonderen Anforderungen an Monitoring und Zielcontrolling einer ressourcenschonenden Nachhaltigkeit ebenso wie die als Gegenentwurf postulierte Quantifizierung möglichst kompakter Formen der Siedlungsentwicklung (EWING, PENDALL & CHEN, 2002; WOLMAN et al., 2005; FRENKEL & ASHKENAZI, 2008).

Nach drei Jahrzehnten muss allerdings nüchtern konstatiert werden, dass die hoch gesteckten Ziele einer »messbaren« Nachhaltigkeit nur bedingt realisiert werden können. Quantitative Ansätze beruhen in der Regel auf der Auflösung komplexer Beziehungsgefüge in einzelne systemische Bestandteile, deren Zusammenspiel über multikriterielle Bewertungsmethoden nachgebildet und anhand einzelner oder zusammengesetzter Indikatoren gemessen werden kann (SIEDENTOP et al., 2007). Dabei kommt es selbstverständlich zu Unsicherheiten in der Bewertung, es kommt zu Vorwürfen normativer Abstraktionen einer noch viel komplexeren Umwelt und handwerklich missbräuchlicher Anwendung von Indikatoren (LI & WU, 2004). Hinzu kommt die oftmals erzwungene Akzeptanz inhaltlich-methodischer Einschränkungen in Form

- sachlicher blinder Flecken als Folge der Nichtverfügbarkeit bestimmter Informationen als georeferenzierte oder geocodierte Daten,
- des Fehlens belastbarer Zeitreihendaten mit der Folge hoher Unsicherheiten über Trendentwicklungen und
- der nicht ausreichenden räumlichen Auflösung raumbezogener Informationen.

Letzteres trifft insbesondere auf die kommunale Raumb Beobachtung zu. So geht zum Beispiel die Siedlungs- und Verkehrsflächeninanspruchnahme als die Summe aller Landnutzungsänderungen, aus denen Siedlungsfläche im Bezugszeitraum entstanden ist, in die Flächenstatistik ein. Nur wenige Kommunen erfassen systematisch Informationen zur Vornutzung, zum Verhältnis von Innen- zu Außenentwicklung, oder

zu Brachflächen- und Wohnungsleerständen. Ähnliches gilt für die Beobachtung der kleinräumlichen Bautätigkeit, der Beschäftigungsentwicklung oder sozialräumlicher Entwicklungen. Es sind aber gerade derartige räumlich-differenzierte Informationen, die planerisches Handeln erst möglich und damit nachhaltige Entwicklung bewertbar machen (LANDESANSTALT FÜR UMWELT, 2007; SIEDENTOP et al., 2007).

Die Folge all dieser Restriktionen ist eine Fülle heterogener Monitoring- und Controlling-Ansätze, deren analytische Kapazität den Informationsbedarf von Planern und Politikern häufig nicht befriedigen kann. Es sind deshalb aus planerischer Sicht zusammenfassend drei elementare Datenanforderungen zu formulieren, die für die Weiterentwicklung von Messkonzepten unabdingbar sind:

- Regelmäßige Herstellung zeitreihenfähiger, hoch aufgelöster, konsistent klassifizierter Landnutzungsdatensätze auf Geodatenbasis (Flächenverbrauchsanalyse, Bodenversiegelung, Brachflächenkataster, etc.) (vgl. Kap. 4.1. & 4.3.);
- Flächendeckende Erfassung und Typisierung von Gebäuden als dreidimensionales Geodatenobjekt (Stadtstrukturanalyse) (vgl. Kap. 5);
- Verknüpfbarkeit statistischer Kennzahlen mit Geodatenobjekten (Ableitung von Bevölkerungsdichte (vgl. Kap. 7.2.), differenzierter Wirtschaftsfaktoren, Korrelation mit Umweltfaktoren, etc.).

Erst aus der verlässlichen Verfügbarkeit dieser Daten können die Anforderungen komplexer Zusammenhänge umfassend beschrieben, und derzeit angedachte und in Einzelstudien getestete Ansätze von Monitoring und Zielcontrolling flächenhaft umgesetzt werden.

### Datengrundlagen

Die Bereitstellung von Datengrundlagen, die den oben formulierten Anforderungen entsprechen, ist derzeit nur in wenigen Großstädten mit hochentwickelten Dateninfrastrukturen zu finden. Für die meisten Kommunen gilt, dass Ein-

schränkungen in der Datenverfügbarkeit in erheblichem Maße die Einführung von Raumbeobachtungsinstrumenten behindern. Auch wenn aus wissenschaftlicher Sicht teils strikte Anforderungen an die zugrunde liegenden Indikatoren formuliert werden (siehe z. B. JAEGER & BERTILLER, 2006), wird in der Praxis aufgrund der Datensituation auch der »Mut zur Lücke« oder die Verwendung von *BAD* (= *Best Available Data*) postuliert (JACOBY, 2009; KLOSTERMANN, 2008), oder wie im »Nachhaltigkeitsbarometer Fläche« des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung eine Unterscheidung zwischen Kern- und Ergänzungsindikatoren eingeführt (SIEDENTOP et al., 2007). Letztere begründet sich dadurch, dass ein umfassendes Indikatorenkonzept neben leicht verständlichen und gut kommunizierbaren Basisgrößen spezifischen fachlichen Anforderungen gerecht und um entsprechende Kennziffern ergänzt werden muss.

Eine Reduktion der Informationstiefe findet sich auch bei den bislang verwendeten Indikatoren der amtlichen Flächenstatistik, die als Grundlage für Monitoring und Zielcontrolling des Flächenverbrauchs erheblichen steuerpolitischen Einfluss haben (FLACKE, 2003; UMWELTBUNDESAMT, 2004; JÖRISSEN & COENEN, 2007). Einmal im politischen Diskurs angekommen, sind Zielgrößen wie die Siedlungs- und Verkehrsflächeninanspruchnahme trotz ihrer teils stark kritisierten methodischen und inhaltlichen Schwächen nicht mehr aus der Raumbeobachtung wegzudenken. Nachhaltigkeitsziele wie die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf 30 Hektar Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Tag bis 2020 offenbaren die Abhängigkeit von einmal gewählten Zielbezügen über lange Zeiträume (RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG, 2004; RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG, 2008). Dabei bleibt unberücksichtigt, dass der Indikator »Siedlungs- und Verkehrsflächeninanspruchnahme« wesentliche qualitative Aspekte der Flächennutzung beziehungsweise deren Veränderung nicht abbilden kann. Genannt seien

- *Vormutzungskriterien*: es werden keine Angaben dazu gemacht, welche Flächen mit- samt ihrer ökologischen Funktion umge-

wandelt bzw. beeinträchtigt wurden. Im Extremfall kann dieses Beispiel bedeuten, dass die Neubebauung von einem Hektar naturnaher Fläche mit der Umwidmung von intensiv genutztem Ackerland in Erholungsnutzungen gleichgesetzt wird.

- *Stadtmorphologische Kriterien:* die Lage neuer Siedlungs- und Verkehrsflächen in Bezug zu bestehenden Siedlungen und Infrastrukturen bleibt unberücksichtigt, es kann also keine Bewertung im Sinne einer ressourceneffizienten Siedlungsentwicklung erfolgen.
- *Naturschutzkriterien:* ebenfalls im Kontext des fehlenden Lagebezugs ist der Einfluss neuer Bebauung im Hinblick auf ihr Störpotenzial für die ökologische Wertigkeit benachbarter oder betroffener Flächen oder Flächenverbände nicht bewertbar (z.B. Zersiedelungs- und Zerschneidungseffekte durch neue Siedlungsgebiete).

Neben diesen in der Literatur hinreichend beschriebenen Abstrichen an der Aussagekraft der Flächenstatistik (SIEDENTOP et al., 2007; EINIG, JONAS & ZASPEL, 2009) sind auch methodische Mängel evident (DEGGAU, 2006). Diese ergeben sich zum einen aus der föderal geprägten und uneinheitlichen Anwendung von Kataster-Erfassungskatalogen bei den zuständigen Behörden (zumeist Kreis- bzw. Stadtverwaltung). Zum anderen haben auch Änderungen an den Erfassungskatalogen im zeitlichen Verlauf Einfluss auf Qualität und Konsistenz der Datenfortführung.

Nicht zuletzt aufgrund dieser methodischen und inhaltlichen Mängel werden vermehrt Forderungen laut, als Grundlage für das Monitoring und Zielcontrolling der Landnutzung künft-

Tab. 7-1-1: Geodateninfrastrukturen für den Einsatz im Landnutzungsmonitoring und -zielcontrolling

Datensatz	Einschränkungen	Referenz
ALK / ALKIS (Kataster)	Keine offizielle Historisierung, hohe Datenkosten, komplexe Prozessierung durch hohe Datenmengen, Einschränkungen durch Datenschutzbestimmungen	MEINEL, HEROLD & HECHT, 2007
ATKIS Basis-DLM (Digitales Landschaftsmodell)	Keine offizielle Historisierung, d.h. Flächenverbrauchsanalysen können nur mit archivierten Zeitständen der drei bisher vorliegenden Ausbaustufen durchgeführt werden (seit 1998). Hierfür müssen in aufwändigen Nachbearbeitungen Abgleiche der jeweils gültigen Objektkartenkataloge unter Berücksichtigung länderspezifischer Umsetzungen geleistet werden. Hinzu kommt, dass die Aktualität der jeweiligen Ausbaustufen räumlich stark variiert und nur unzureichend dokumentiert ist.	LANDESANSTALT FÜR UMWELT, 2007; MEINEL & KNOP, 2008
CORINE Land Cover	Einschränkungen bezüglich der Genauigkeit der erfassten Objekte: Flächengrößen unter 25 Hektar gehen in Abhängigkeit der umgebenden Nutzung in benachbarten Nutzungsarten auf. Nutzungsänderungen werden im Mittel ab Flächengrößen von 5 Hektar sichtbar. Zeitstände existieren derzeit für das Jahr 1990 und 2000, die Veröffentlichung für das Jahr 2006 war ursprünglich für Ende 2009 angekündigt, steht aber noch aus.	KEIL, KIEFL & STRUNZ, 2004; EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2006; MEINEL et al., 2007; EINIG, JONAS & ZASPEL, 2009
Fernerkundung	Aufbereitung der Datenbasis durch manuelle oder automatisierte Objektklassifikation, kann bislang in der Regel nur auf Projektbasis für abgegrenzte Gebiete geleistet werden, sonst entspricht der Detaillierungsgrad nicht der benötigten geometrischen und thematischen Tiefe. Bislang fehlen lange Zeitreihen durch inkompatible Sensorgenerationen (unterschiedliche räumliche Auflösung).	TAUBENBÖCK, 2008; ESCH et al., 2009; WURM et al., 2009

tig standardisierte Geodateninfrastrukturen zu verwenden. Damit wäre zum einen dem fehlenden Lagebezug der Flächenstatistik Rechnung getragen, zum anderen könnten auf Basis dieser Daten Methoden aus der Geoinformationstechnologie Einsatz finden, die eine vertiefende Analyse räumlicher Aspekte der Landnutzung erlauben. Tabelle 7-1-1 (S. 131) zeigt derzeit verfügbare Datengrundlagen, deren Eignung für kommunale und regionale Monitoring- und Controlling-Anwendungen allerdings aufgrund spezifischer Schwächen (siehe Spalte »Einschränkungen«) begrenzt ist.

Abhilfe versprechen derzeit laufende Projekte zur Standardisierung und Ausweitung von Geodateninfrastrukturen auf europäischer wie auch auf nationaler Ebene (ESPON, INSPIRE, ALKIS, 3A-Modell), von denen eine deutliche Verbesserung der Datengrundlagen erwartet wird (HEIDBRINK & SCHMIDT-SEIWERT, 2006; BEHNISCH, 2007). Aus planerischer Sicht ist dabei insbesondere die Weiterentwicklung der Katasterdaten der Landesvermessung in ALKIS sowie die Zusammenführung von ALKIS und ATKIS-Datenbeständen im 3A-Modell (konzeptuelles Anwendungsschema für die Informationssysteme ALKIS, ATKIS und AFIS, dessen Umsetzung bis Ende 2012 abgeschlossen sein soll) von Bedeutung (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, 2008). Diese Datenbestände gelten derzeit als die für den Maßstabbereich stadt- und regionalplanerischer Fragestellungen relevantesten Geodaten. Allerdings ist zu befürchten, dass im Zuge der Umstellungen auch Änderungen in der Objektklassifizierung und Nutzungsartenzuordnung anstehen, die die Fortführung von Zeitreihen einschränken oder gar unmöglich machen.

### Fernerkundungsdaten

Aufgrund der angesprochenen Einschränkungen der Datenbestände der Landesvermessung und der unsicheren Übergangsphase zu neuen Dateninfrastrukturen kommt der Fernerkun-

dung als Datenlieferant für die Raumbearbeitung zukünftig eine hohe Bedeutung zu. So wurde zum Beispiel im Förderschwerpunkt REFINA (Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) das derzeit laufende Projekt »Entwicklung und Evaluierung eines fernerkundungsbasierten Flächenbarometers als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanagement« mit dem expliziten Ziel konzipiert, ein »weiterentwickeltes Indikatorenset zur stetigen Beobachtung der Siedlungsflächenentwicklung unter besonderer Berücksichtigung von Fernerkundungsmethoden« als »Flächenbarometer« zur Verfügung zu stellen ([www.refina-info.de/projekte/anzeige.phtml?id=3103](http://www.refina-info.de/projekte/anzeige.phtml?id=3103), 9. Dezember 2009; vgl. auch Kap. 4.3). Ein weiteres fernerkundliches Beispiel stellt das Projekt »Indikatoren für wasserbezogene Gefahren in urbanen Räumen Deutschland« dar (WURM et al., 2010). Dort wurde hochwasserrelevante Fragestellungen mit fernerkundlich abgeleiteten Geländeoberflächenmodellen oder einem 3-D-Stadtmodell nachgegangen (vgl. Kap. 8).

Insbesondere die Möglichkeiten zur Erstellung robuster Zeitreihen auf der Grundlage hochaufgelöster Satellitenszenen bieten im Vergleich zu den Daten der Landesvermessung große Vorteile für Zeitreihenanalysen in der Raumbearbeitung, im Langzeitmonitoring eines Untersuchungsraumes oder in der Querschnittsanalyse verschiedener Regionen (vgl. Kapitel 4.1. & 4.2.). Zudem ermöglichen technologische Fortschritte in der automatisierten Ableitung von Objekttypen neben erhöhter Genauigkeit auch die Möglichkeit, notfalls durch Anpassung der Objektdefinitionen und erneuten Durchlauf der Objektextraktion die Kompatibilität von Datenbeständen zu gewährleisten. Ein deutlicher Mehrwert für planerische Fragestellungen ergibt sich schließlich durch die Zuweisung von Höheninformationen für extrahierte Objekte (z. B. Gebäudehöhen, vgl. Kap. 5.1), da im wissenschaftlichen Diskurs wie auch in der Planungspraxis die dritte Dimension als Monitoring und Controllinggröße zunehmend an Bedeutung gewinnt (KOOMEN, RIEVELD & BACAO, 2009).

Neben diesen Vorteilen kann generell gesagt werden, dass die Anbindung von Fernerkundungsdaten an statistische Kennziffern in der Regel deutlich schwieriger ist als bei geocodierten Daten der amtlichen Flächenstatistik und georeferenzierten Geodaten mit Katasterbezug. Bevölkerungs- und wirtschaftsbezogene Daten können nur indirekt mit extrahierten Objekten verknüpft werden (vgl. Kap. 7.2. & 7.3), eine Codierung über Flächen- oder Adressenschlüssel ist nur über Zusatzinformationen aus anderen Quellen möglich. Da diese Schlüssel allerdings auch über den Lagebezug hergestellt werden können und die benötigten Prozessierungsschritte standardmäßig in allen gängigen Geoinformationssystemen enthalten sind, können diese Limitierungen für georeferenzierte Daten bewältigt werden. Als weitere Einschränkung muss der Datenschutz erwähnt werden, der insbesondere bei der Verknüpfung von adressbezogenen Einwohnerdaten zu gebäudebezogenen Daten aus der amtlichen Statistik zum Tragen kommt. Als Alternative können fernerkundungsbasierte Gebäudetypen und die geschätzte Geschosshöhe zur Verteilung von Bewohnern eines Blocks auf die darin befindlichen Gebäude verwendet werden (siehe Kap. 7.2). Die folgenden Anwendungsbeispiele beruhen auf dem fernerkundlich abgeleiteten dreidimensionalen Stadtmodell (vgl. Kap. 5.1.).

### Anwendungsbeispiele

In diesem Abschnitt werden beispielhaft Potenziale heutiger Fernerkundungsdaten und -methoden für die Bereitstellung planungsrelevanter Messgrößen der Stadtentwicklung dargestellt. Prinzipiell lassen sich die Anwendungsbezüge in zwei Gruppen gliedern:

- *Längsschnittanalysen* betrachten Landnutzung und Veränderung der Landnutzung über einen bestimmten Zeitraum anhand statischer und dynamischer Parameter für einen abgegrenzten Raum.
- *Querschnittanalysen* vergleichen die Dynamik der Landnutzung zwischen zwei oder mehreren abgegrenzten Gebieten, meist Städten vergleichbarer Größenordnung.

Eine Längsschnittanalyse für die Städte München und Köln wurde bereits in den Kapiteln 4.1. und 4.2. auf einer Maßstabsebene von so genannten »urbanen Fußabdrücken« vorgestellt und mit Hilfe von Landschaftsstrukturmaßen für die beiden Stadt-Umland-Regionen durchgeführt. Auf höchst aufgelöster geometrischer Ebene (vgl. Kap. 5) existieren aktuell noch keine Zeitreihen, weshalb im Folgenden ausschließlich statische Parameter und Indikatoren für Querschnittanalysen präsentiert werden. Zu Analyse Zwecken wurde ein Zonenmodell mit 1 km weiten Ringen erzeugt, das radial vom Stadtzentrum bis zu den Rändern der Satellitenszenen verläuft. Dadurch werden für die Querschnittsanalyse von München und Köln vergleichbare räumliche Bezugseinheiten geschaffen.

Es muss allerdings gesagt werden, dass die Satellitenszenen begrenzt sind und nur den zentralen Teil der Städte München und Köln abbilden. Vor diesem Hintergrund sind die hier dargestellten Kennziffern lediglich beispielhafte Umsetzungen ausgewählter Indikatoren für die Themenbereiche Stadtklimatologie, Flächennutzungsplanung und Infrastruktur. Eine Einschätzung der Datenpotenziale für ein umfassendes Monitoring und Zielcontrolling wird im Anschluss diskutiert.

### Ausgewählte urbanmorphologische Indikatoren und stadtklimatologische Relevanz

Der Leitgedanke für Münchens Stadtentwicklungskonzept lautet »kompakt, urban, grün« (vgl. Kap. 2). Die Strategie der Innenentwicklung nimmt deshalb einen hohen Stellenwert ein und ist für München von besonderer Bedeutung. Als drittgrößte Stadt Deutschlands ist München gemessen an seiner Fläche eine vergleichsweise kleine Stadt (vgl. Kap. 2; REISS-SCHMIDT, 2002). Mit Hilfe von urbanmorphologischen Indikatoren lässt sich dieser Aspekt quantifizieren und im Hinblick auf ein Zielcontrolling überprüfen. Gerade der städteübergreifende Vergleich ermöglicht mittels einer Quer-

schnittanalyse urbanmorphologische Parameter im Verhältnis zueinander einzuschätzen.

Im Folgenden werden deshalb beispielhaft Indikatoren wie Vegetationsanteil, Überbauungsgrad, Geschossflächendichte (GFD) oder Versiegelungsgrad für die Städte München und Köln basierend auf dem Zonenmodell analysiert. Der *Versiegelungsgrad* quantifiziert das Verhältnis aller versiegelten Oberflächen, also Gebäude- und Verkehrsflächen zur Bezugsfläche. Der *Überbauungsgrad* wird hier als das Verhältnis aller Gebäudeflächen pro Bezugsfläche definiert. Im Gegensatz zu der im nächsten Abschnitt vorgestellten *Geschossflächenzahl (GFZ)*, die sich hier ausschließlich auf Wohnflächen bezieht, finden hier auch Gewerbe- und Industrieflächen Berücksichtigung. Der *Vegetationsanteil* entspricht dem Verhältnis der Vegetationsfläche pro Bezugseinheit.

Die urbanmorphologischen Indikatoren Versiegelungsgrad, Überbauungsgrad und Vegetationsanteil sind für die jeweilige Zone (Bezugsfläche) sowohl für München als auch für Köln berechnet (vgl. Abb. 7-1-1 & 7-1-2). Bei der

Analyse sind die Wasserflächen pro Zone zur Vergleichbarkeit beider Städte heraus gerechnet. Dies ist darin begründet, dass der Rhein in Köln eine ungleich größere Wasserfläche als die Isar in München hat. Grundsätzlich erwartet man typischerweise eine Abnahme von Versiegelungsgrad und Überbauungsgrad mit zunehmender Distanz vom Zentrum, bei gleichzeitiger Zunahme des Vegetationsanteils. Diese Hypothesen werden für beide Städte im Wesentlichen bestätigt. In Bezug auf die Zielsetzungen des Münchner Stadtentwicklungskonzepts zeigt sich zudem, dass in der Tat der Überbauungsgrad durchgehend höher ist als in Köln, während für Versiegelungsgrad und Vegetationsanteil nur geringfügige Unterschiede gemessen werden können. Für den Überbauungsgrad lässt sich daher schlussfolgern, dass die durchschnittlichen Gebäudehöhen in München im Mittel höher sind als in Köln. Dementsprechend kann man, zumindest im Städtevergleich, durchaus konstatieren, dass München bei ähnlicher Durchgrünung dichter, d. h. kompakter, als Köln ist. Auffallend ist zu-

Abb. 7-1-1: Die räumliche Veränderung urbanmorphologischer Parameter - Vegetationsanteil, Versiegelungsgrad und Überbauungsgrad - mit der Distanz zum Zentrum in München (DLR/IREUS)

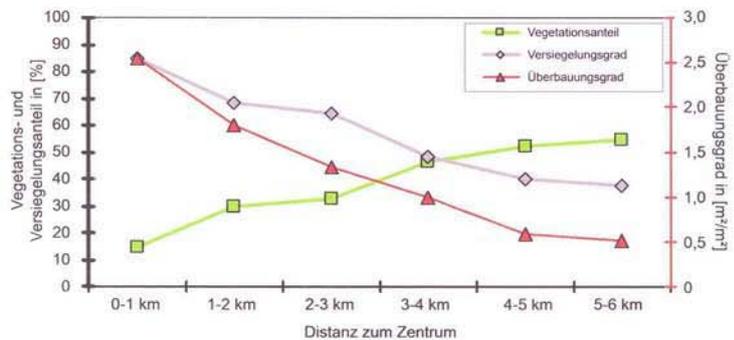
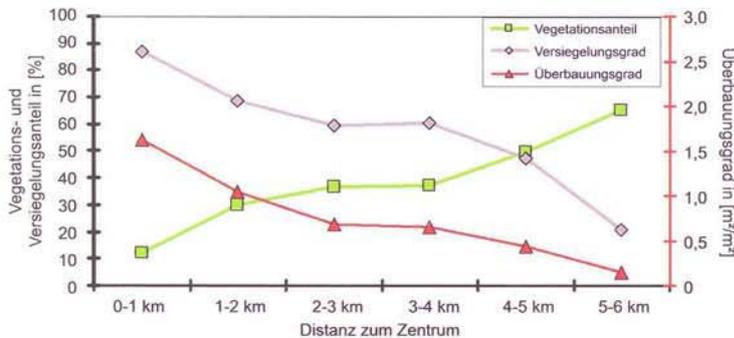


Abb. 7-1-2: Die räumliche Veränderung urbanmorphologischer Parameter - Vegetationsanteil, Versiegelungsgrad und Überbauungsgrad - mit der Distanz zum Zentrum in Köln (DLR/IREUS)



dem die sehr ähnliche Zunahme des Grünanteils in beiden Städten mit wachsender Distanz zum Zentrum. Im Bereich von fünf bis sechs Kilometern jedoch ist in Köln ein Anstieg auf knapp 70 % zu verzeichnen, während in München die Kurve nur geringfügig auf 53 % steigt. Hier zeichnet sich in Köln ein strukturierender, fast durchgehend zusammenhängender Grüngürtel ab (vgl. Abb. 4-1-3). Dieser Grüngürtel in Köln ist auch für den, im Vergleich zu München, auffallenden Abfall des Überbauungsgrades in dieser Lage hauptverantwortlich. Für München finden sich in dieser Lage Hochhauskomplexe, wie beispielweise im Olympiazentrum oder die BMW-Werke, die im Mittel den Überbauungsgrad heben. Die Grünflächen in München dagegen sind heterogener verteilt bzw. das durchgehende grüne Band entlang der Isar verläuft von Südwest nach Nordost und wird im Zonenmodell nicht sichtbar.

Entsprechend den Grundsätzen der Bauleitplanung ist bei der Aufstellung städtebaulicher Pläne zukünftig auch der Schutz des Klimas zu berücksichtigen (§ 1 Abs. 5 Nr. 7 Baugesetzbuch). Eine Reihe von Untersuchungen belegt bei einer gesamtstädtischen Betrachtung den engen Zusammenhang zwischen den präsentierten urbanmorphologischen Indikatoren und den stadtklimatischen Verhältnissen (z. B. PAULEIT, 1998). Die innerstädtischen Lufttemperaturen können im Tagesgang um +2 °C für eine Kleinstadt und bis zu +12 °C für eine Millionenstadt über dem Umlandniveau liegen (OKE, 1987; vgl. Kap. 4.4 & Kap. 7.5). Das Fehlen latenter Verdunstungsenergie durch den hohen Bebauungs- bzw. Versiegelungsgrad, die höhere Wärmespeicherkapazität, die Verringerung von Windgeschwindigkeiten durch die Bremswirkung von Gebäuden etc. tragen beispielsweise zur Erhöhung der städtischen Lufttemperaturen bei. Das mit Methoden der Fernerkundung abgeleitete 3-D-Stadtmodell sowie die Ableitung von Indikatoren wie Vegetationsanteil, Versiegelungsgrad und Überbauungsgrad eröffnen nun die Möglichkeit, beispielsweise Oberflächentemperaturen oder Windgeschwindigkeiten mit urbanmorphologischen Indikatoren quantitativ in Verbindung zu setzen.

Bereits auf einer relativ groben geometrischen Einheit von 1 km zeigen zusammenhängende und hohe Vegetationsanteile, wie z. B. der Englische Garten oder das grüne Isarband inmitten der Stadt, die weitaus geringere Aufheizung und damit geringere thermische Belastung urbaner Teilgebiete (vgl. Kap. 4.4). Höher auflösende Thermalscanner, wie z. B. Landsat ETM oder flugzeuggetragene Systeme, eröffnen zukünftig ein weites Feld lokaler klimatischer Anwendungen, wie die Identifikation von Hitzeinseln und der Analyse ihrer urbanmorphologischen Ursachen (Voogt & Oke, 2003). Die Nutzung dieser Indikatoren und die Potenziale fernerkundlicher Daten zur Modellierung des städtischen Mikroklimas werden in Kapitel 7.5 im Detail thematisiert.

### Flächennutzungsplanung

Direkte Planungsrelevanz hat die Geschossflächenzahl (GFZ) eines Bebauungsplanes. Sie zeigt zum einen die Bebauungsdichte in der Flächennutzungsplanung an und steht daher in engem Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Überbauungsgrad. Zum anderen gibt die GFZ vor, wie viel Geschossfläche pro Grundstücksfläche in einem Bebauungsgebiet oder Baublock verbaut werden darf (§20 Baunutzungsverordnung) und definiert somit die Obergrenze der Bebauungsdichte. Für die folgenden Auswertungen wurde diese Berechnungsvorschrift auf die *Gebäudegrundfläche*  $\times$  *Anzahl der Stockwerke* (= Geschossfläche) angewendet und in Bezug zur Fläche eines Baublocks gesetzt. Im Unterschied zum Überbauungsgrad werden hier nun definitionsgemäß ausschließlich Wohngebäude zur Berechnung berücksichtigt und nur auf die bebauten Blöcke statt der kompletten Ringfläche bezogen. Der besondere Wert von fernerkundlichen Datenquellen liegt nun darin, über ein Monitoring der GFZ die Ausnutzung der möglichen Bebauungsdichten flächenhaft erfassen und bewerten zu können. Dies ist bislang lediglich über Auswertungen einzelner Bebauungspläne und das Katasterwesen möglich und wird über Zeitreihen von Fernerkundungsdaten wesentlich vereinfacht.

Abb. 7-1-3: Dichtegradienten im Vergleich (IREUS/DLR)

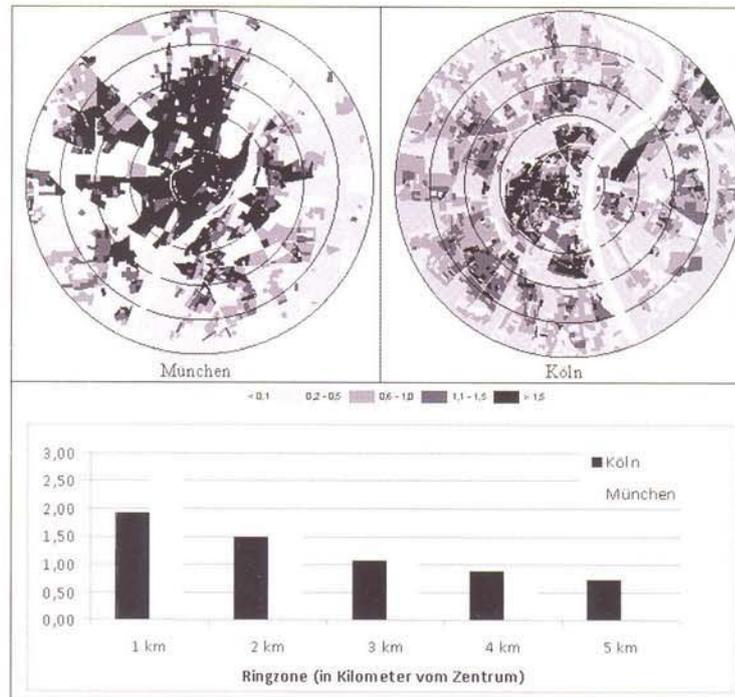


Abbildung 7-1-3 zeigt eine räumliche Darstellung der Geschossflächen pro Baublockfläche für die Städte München (links) und Köln (rechts), überlagert von 1 Kilometer breiten Ringzonen vom Zentrum. Die Klassifikation der GFZ unter 0,1 (kaum Bebauung) bis 0,5 (niedrig), 0,6 bis 1,0 (mittel), 1,1 bis 1,5 (hoch) und über 1,5 (sehr hoch) liefert einen ersten Eindruck über die infrastruktur-relevante Differenzierung der Bebauungsdichte. Konkrete Aussagen werden natürlich erst im Bezug zur spezifischen Aufgabenstellung möglich – z. B. bei der Berechnung von Einzugsbereichen für leitungsgebundene Infrastruktur oder soziale Einrichtungen. Entscheidend ist hier, dass die Analyse der Fernerkundungsdaten die Bereitstellung der Bewertungsgrundlagen ermöglicht.

Im Ergebnis zeigt das Diagramm in Abbildung 7-1-3, dass sich in München im Durchschnitt der Ringzonen hohe GFZ-Zahlen wesentlich stärker um das Zentrum konzentrieren und in den äußeren Ringen stärker abfallen als in Köln. Im Zusammenhang mit dem konträren Verlauf des Überbauungsgrades in den Außen-

bereichen (vgl. Abbildung 7-1-2) muss dieses Ergebnis im Städtevergleich so interpretiert werden, dass die Wohn- und Gewerbedurchmischung in den Außenbereichen in München wesentlich höher ist als in Köln.

### Infrastrukturplanung

Mit Hilfe der Ringzonen können analog zu der Auswertung der GFZ weitere Dichtegradienten für die Fallbeispiele München und Köln gerechnet werden. Derartige Maße gelten als zusätzliche Indikatoren für das Auslastungsniveau von Infrastruktureinrichtungen. Dabei ist allerdings der Unterschied zwischen personenbezogenen (öffentlicher Nahverkehr, Kindergärten, Schulen, Bibliotheken, usw.) und gebäudebezogenen (Wasser, Gas, Elektrizität, Telekommunikation, usw.) Versorgungsleistungen zu berücksichtigen. Abbildung 7-1-4 zeigt für München das Gefälle der Bevölkerungsdichte (Einwohner pro Hektar) vom Stadtzentrum zum äußersten Analyserring (schwarz), im

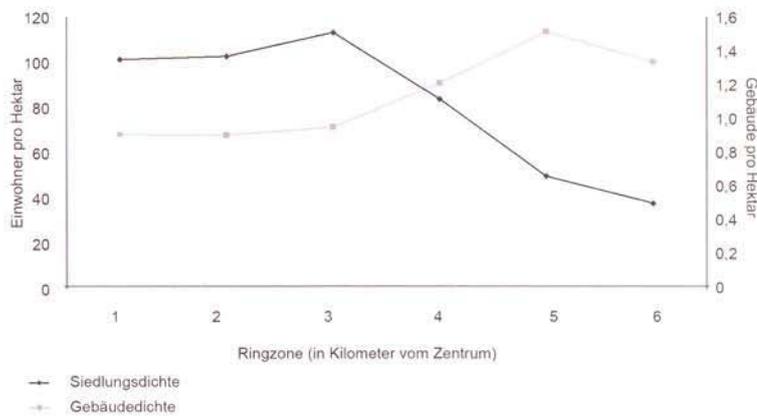


Abb. 7-1-4: Dichtegradienten Bevölkerung und Gebäude für München im Vergleich (IREUS/DLR)

Vergleich dazu die Gebäudedichte (Gebäude pro Hektar) (grau). Daraus geht hervor, welche unterschiedlichen Ausgangssituationen personen- und gebäudebezogene Ver- und Entsorgungsleistungen mit zunehmender Entfernung vom Zentrum Rechnung tragen müssen. Bei steigender Gebäudedichte hat man es in der Regel mit einer »aufgelockerten Bebauung« zu tun. So sind in den äußeren Zonen vermehrt Einfamilien- und Reihenhäuser statt großflächiger Gebäudekomplexe vertreten, deren Nutzungseffizienz vergleichsweise niedrig ausfällt. Normalerweise sinkt dann die Bevölkerungsdichte, da hier weniger Menschen leben. Dies bestätigt sich für die Münchener Außenbezirke ab 5 km Entfernung vom Zentrum. Die dichtesten Wohnformen sind im Ring zwischen 2 und 3 km vom Zentrum zu finden, wo die Bebauungsformen vor allem Wohnfunktion haben. Es ist anzunehmen, dass näher am Zentrum Verwaltungs- und Geschäftsgebäude die Wohnfunktion überlagern und deshalb die Bevölkerungsdichte hier weniger hoch ist als im dritten Ring.

### Interpretation und Ausblick

Die exemplarisch aufgeführten Ergebnisse zeigen, dass Fernerkundungsdaten ein wichtiger Bestandteil für die Bereitstellung von Datengrundlagen für Monitoring und Zielcontrolling sind. Insbesondere die abgeleiteten Messgrößen zur Bewertung stadtklimatologischer Einfluss-

größen (Versiegelungsgrad, Vegetationsanteil, Überbauungsgrad) könnten ohne Fernerkundungsmethoden nicht zur Verfügung gestellt werden – werden aber dringend gebraucht. So wird von der Fachwelt seit vielen Jahren eine vergleichbare und kontinuierliche Informationsbasis zu Zustand und Veränderung des Versiegelungsgrades bzw. Überbauungsgrades für die Raumbewertung gefordert und in Abwesenheit von flächendeckenden Fernerkundungsdaten mit größtenteils unbefriedigenden Ergebnissen aus der Flächenstatistik abgeleitet (DEGGAU 2006; GUNREBEN et al., 2007). Ein zunehmend drängender Bedarf nach der systematischen Erfassung von Vegetationsanteilen (NOLAN, 2009) besteht unter anderem auch durch die Herausforderungen des Klimawandels. Die automatisierte Lokalisierung von Baulücken im Gebäudebestand aus Fernerkundungsdaten oder Luftbildern ist aufgrund der fehlenden Zeitreihen hier noch nicht dargestellt, aber durchaus im Rahmen des Möglichen. Diese gelten als elementare Grundlageninformation für die Mobilisierung von Innenentwicklungspotenzialen in den Städten, und somit als wichtiger Baustein für Strategien zur Reduzierung des Flächenverbrauchs (SIEDENTOP, 2006).

Andere Parameter wie die GFZ oder Dichtegradienten stellen Kennzahlen dar, die in Kombination mit Daten der Vermessung und des Katasterwesens multitemporale und flächenhafte Auswertungen erst ermöglichen oder aufgrund des Geodatenbezugs den Einsatz räumli-

cher Analyseinstrumente erlauben. Allgemein stehen Informationen zur Gebäudebasis als Geodatenobjekt nur im Katasterwesen (ALK, ALKIS) im Objektkartenkatalog. Flächenhafte Auswertungen sind damit sehr kostspielig, zudem werden Gebäudehöhen erst ab der in der Einführung befindlichen ALKIS-Ausbaustufe zur Verfügung stehen. Informationen wie zum Beispiel die Geschossflächenzahl können deshalb nur über die Auswertung von Bebauungsplänen oder vereinzelt zur Verfügung stehenden Geodateninfrastrukturen abgeleitet werden. Eine auf der Fernerkundung beruhende Datenbasis – wie die hier vorgestellten Gebäudeobjekte für München und Köln – stellt deshalb eine bedeutende Alternative dar.

Gleichzeitig sind die genannten Möglichkeiten im Rahmen der derzeitigen Entwicklung beziehungsweise von Entwicklungshindernissen zu diskutieren, die einem weiter verbreiteten Einsatz von Fernerkundungsdaten in der Raumbewertung derzeit noch im Wege stehen. Eine zunächst auf absehbare Zeit lösbare Aufgabe scheint die Bereitstellung von Zeitreihen zu sein, die sich aus dem kontinuierlichen Einsatz homogener Methoden auf Satellitendaten vergleichbarer Qualität stützt. Auch wenn der Methodeneinsatz zur Ableitung von Zeitreihenindikatoren auf Basis von höchst aufgelösten Fernerkundungsdaten in diesem Beitrag noch nicht aufgezeigt werden konnte, sind die Potenziale doch durchaus einschätzbar. Dies ergibt sich insbesondere aus der Verfügbarkeit dreidimensionaler Gebäudeobjekte, deren Analyse im Zeitverlauf ein exaktes Monitoring von Bautätigkeiten ermöglichen wird. In diesem Kontext muss allerdings deutlich darauf hingewiesen werden, dass es neben einer Standardisierung der Erhebungsmethoden einer Eingliederung von Fernerkundungsmethoden in standardisierte Geodateninfrastrukturen (GDI) bedarf. Bezugszeiträume, administrative Bezugsebenen, aber auch inhaltliche Konzeptionen wie Gebäudetypologien oder Vegetationsklassifikation bedürfen der dringenden Abstimmung mit den in den Planungsdisziplinen verwendeten Normen, aber auch mit den im Aufbau befind-

lichen europaweiten (INSPIRE) oder nationalen Geodateninfrastrukturen (AAA-Modell). Zudem sollten zukünftige Zeitreihen nach Möglichkeit die Integration bisheriger Raumbewertungsmethoden berücksichtigen, um Langzeitstudien zu ermöglichen. Dies betrifft vor allem die Kompatibilität von Landnutzungstypologien und Nutzungsartenkatalogen der Flächenstatistik sowie die Möglichkeit, Transformationen zwischen den heute stärker differenzierenden Nutzungstypen und den allgemeiner gefassten Typen der Vergangenheit ohne Informationsverlust vornehmen zu können.

Eine weitere Diskrepanz zwischen Anspruch und Realität besteht in der fehlenden bzw. im Moment noch zu kostspieligen flächendeckenden Datenverfügbarkeit höchst aufgelöster, homogener Fernerkundungsdaten für regionale oder überregionale Auswertungen. Das hauptsächlichste Augenmerk für die Datenbereitstellung der Fernerkundung und darauf aufsetzender Analysen liegt bislang im Stadtbereich beziehungsweise in durch eine überschaubare Anzahl von Satellitenszenen abbildbaren Analyseebenen. Das Beispiel von CORINE Land Cover zeigt, dass die Koordinierung und Qualitätssicherung überregionaler, in diesem Falle sogar transnationaler, Datenbereitstellungen mit enormem Aufwand verbunden sind. Da die Raumbewertung aber vielfach mit nationalen oder überregionalen Zielbezügen arbeitet (zum Beispiel »30-Hektar-Ziel«), ist eine flächendeckende Datenverfügbarkeit unabdingbar (vgl. kontinental oder global verfügbare fernerkundliche Datensätze in urbanen Räumen Kap. 8). Neben den technischen Herausforderungen zur Speicherung und Verarbeitung beträchtlicher Datenmengen ist hier vor allem der Kostenaspekt zu berücksichtigen. Die Bearbeitung landesweiter oder gar bundesweiter Fernerkundungsdatensätze in der hier vorgestellten geometrischen und thematischen Tiefe ist in diesem Kontext nur vorstellbar, wenn eine vollständige Automatisierung von Landnutzungsklassifikation, Gebäudeextraktion und -typisierung und akkurater Höhenzuweisung mit hoher Treffsicherheit erreicht werden kann.

## Referenzen

- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (2008): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok): Hauptdokument, Version 6.0. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).
- BEHNISCH, M. (2007): Urban Data Mining: Operationalisierung der Struktureerkennung und Strukturbildung von Ähnlichkeitsmustern über die gebaute Umwelt. Fakultät für Architektur, Universität Karlsruhe.
- BIRKMANN, J., KOITKA, H., KREIBICH, V. & R. LIENENKAMP (1999): Indikatoren zur Operationalisierung des Leitbildes Nachhaltiger Entwicklung. Indikatoren für eine nachhaltige Raumentwicklung. I. f. R. (IRPUD). Dortmund: Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (Hrsg.) (2005): Raumordnungsbericht 2005. Bonn.
- Deggau, M. (2006): Nutzung der Bodenfläche. Flächenerhebung 2004 nach Art der tatsächlichen Nutzung. – *Wirtschaft und Statistik*, 3: 212–219.
- EINIG, K., JONAS, A. & B. ZASPEL (2009): Eignung von CORINE-Geodaten und Daten der Flächenerhebung zur Analyse der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland. *Land Use Economics and Planning – Discussion Paper Series*. Universität Göttingen.
- ESCH, T., TAUBENBÖCK, H., HELDENS, W., THIEL, M., WURM, M., KLEIN, D., DECH, S., ROTH, A. & M. SCHMIDT (2009): Monitoring and assessment of urban environments using space-borne earth observation data – selected applications. – KREK, A., RUMOR, M., ZLATANOVA, S. & E. FENDEL (Eds.): *Urban and Regional Data Management*. Taylor & Francis, London: 385–398.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2006): *The Thematic Accuracy of Corine Land Cover 2000*. EEA Technical report 07/2006. European Environment Agency, Copenhagen.
- EWING, R., PENDALL, R. & D. CHEN (2002): *Measuring Sprawl and its Impact*. Smart Growth America, Washington D.C. (USA).
- FLACKE, J. (2003): Mehr Stadt – Weniger Fläche. Informationssystem nachhaltige Flächennutzung. Ein Instrument zur Förderung einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung. Selbstverlag der Deutschen Akademie für Landeskunde, Flensburg.
- FRENKEL, A. & M. ASHKENAZI (2008): *Measuring Urban Sprawl: How Can We Deal With It?* – *Environment and Planning B*, 35: 1–24.
- GUNREBEN, M., DAHLMANN, I., FRIE, B., HENSEL, R., PENN-BRESSEL, G. & F. DOSCH (2007): Die Erhebung eines bundesweiten Indikators »Bodenversiegelung«. – *Bodenschutz*, 2: 34–38.
- HEIDBRINK, I. & V. SCHMIDT-SEIWERT (2006): Auf dem Weg zu einer Europäischen Laufenden Raumbewertung. – *Raumforschung und Raumordnung*, 64(5): 413–417.
- JACOBY, C. (2009): *Monitoring und Evaluation von Stadt- und Regionalentwicklung*. Einführung in Begriffswelt, rechtliche Anforderungen, fachliche Herausforderungen und ausgewählte Ansätze. – JACOBY, C. (Hrsg.): *Monitoring und Evaluation von Stadt- und Regionalentwicklung*. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover: 1–24.
- JAEGER, J. & R. BERTILLER (2006): *Aufgaben und Grenzen von Messgrößen für die Landschaftsstruktur – das Beispiel Zersiedelung*. Landschaftsqualitäten. – TANNER, K. M., BÜRGI, M. & T. COCH (Hrsg.): *Landschaftsqualitäten*. Festschrift für Prof. Dr. Klaus C. Ewald anlässlich seiner Emeritierung im Jahr 2006. Haupt Verlag, Bern – Stuttgart – Wien.
- JÖRISSEN, J. & R. COENEN (2007): *Sparsame und schonende Flächennutzung: Entwicklung und Steuerbarkeit des Flächenverbrauchs*. Ed. Sigma, Berlin.
- KEIL, M., KIEFL, R. & G. STRUNZ (2004): *CORINE Land Cover 2000 – Europaweit harmonisierte Aktualisierung der Landnutzungsdaten für Deutschland*. Abschlussbericht zum F+E Vorhaben. Umweltbundesamt, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum.

- KLOSTERMAN (2008): A New Tool for a New Planning: The What if? Planning Support System. – BRAIL, R. K. (Ed.): Planning Support Systems for Cities and Regions. Lincoln Institute of Land Policy, New Hampshire (USA): 58–100.
- KOCH, R. (2009): Raumbeobachtung zwischen Monitoring, Nachhaltigkeit und Entbürokratisierung – ein Erfahrungsbericht. – JACOBY, C. (Hrsg.): Monitoring und Evaluation von Stadt- und Regionalentwicklung. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover: 25–44.
- KOOMEN, E., RIETVELD, P. & F. BACAO (2009): The Third Dimension in Urban Geography: the Urban-Volume Approach. – Environment and Planning, B: Planning and Design, 36: 1008–1025.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (2007): Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg. LUBW, Karlsruhe.
- LANG, A. (2005): Ist Nachhaltigkeit messbar? Eine Gegenüberstellung von Indikatoren und Kriterien zur Bewertung nachhaltiger Entwicklung unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen in Deutschland und Frankreich. Ibidem Verlag, Hannover.
- LI, H. & J. WU (2004): Use and Misuse of Landscape Indices. – Landscape Ecology, 19: 389–399.
- MEINEL, G., HEROLD, H. & R. HECHT (2007): Gebäudebasierte, vollautomatische Erhebung und Analyse der Siedlungsstruktur – Grundlage für Monitoring und Bewertung der Siedlungsentwicklung. – SCHRENK, M., POPOVICH, V. & J. BENEDIKT (Hrsg.): Proceedings of Real Corp 007. Wien: 815–824.
- MEINEL, G. & M. KNOP (2008): Geobasisdaten in Deutschland – Verfügbarkeit und Qualitätsaspekte des ATKIS® Basis-DLM und der DTK25(-V). – SCHRENK, M., POPOVICH, V., ENGELKE, D. & P. ELISEI (Hrsg.): Proceedings of Real Corp 008. Wien: 571–581.
- MEINEL, G., SCHUBERT, I., SIEDENTOP, S., et al. (2007): Europäische Siedlungsstrukturvergleiche auf Basis von CORINE Land Cover – Möglichkeiten und Grenzen. – SCHRENK, M., POPOVICH, V. & J. BENEDIKT (Hrsg.): Proceedings of Real Corp 007. Wien: 645–656.
- NOLON, J. R. (2009): Climate Change and Sustainable Development: The Quest for Green Communities – Part II. – Planning & Environmental Law 61(11): 3–15.
- OKE, T. R. (1987): Boundary Layer Climates. Routledge, London – New York.
- PAULEIT, S. (1998): Das Umweltwirkgefüge städtischer Siedlungsstrukturen: Darstellung des städtischen Ökosystems durch eine Strukturtypenkartierung zur Bestimmung von Umweltqualitätszielen für die Stadtplanung. Technische Universität München.
- RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (2004): Mehr Wert für die Fläche: Das »Ziel-30-ha« für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land. Rat für Nachhaltige Entwicklung, Berlin.
- RAT FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (2008): Welche Ampeln stehen auf Rot? Stand der 21 Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – auf der Grundlage des Indikatorenberichts 2006 des Statistischen Bundesamtes. Texte Nr. 22. Rat für Nachhaltige Entwicklung, Berlin.
- REISS-SCHMIDT, S. (2002): Innenentwicklung und Flächenmanagement in München. – BAYRISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (Hrsg.): Kommunales Flächenressourcen-Management – Beispiele aus der städtebaulichen Praxis. München: 71–84.
- SIEDENTOP, S. (2006): Regionale Flächeninformationssysteme als Bestandteile des Regionalen Flächenmanagements – Entwicklungsstand und Perspektiven. – JOB, H. & M. PÜTZ (Hrsg.): Flächenmanagement. Grundlagen für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung mit Fallbeispielen aus Bayern. Arbeitsmaterial Nr. 322. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover: 67–83.
- SIEDENTOP, S., HEILAND, S., LEHMANN, I. & N. SCHAUERTE-LÜKE (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. (= For-

- schungen, Heft 130). Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.
- TAUBENBÖCK, H. (2008): Vulnerabilitätsabschätzung der erdbebengefährdeten Megacity Istanbul mit Methoden der Fernerkundung. Dissertation. Universität Würzburg.
- UMWELTBUNDESAMT (2004): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr – Materialienband. UBA-Texte 90/03. Umweltbundesamt, Berlin.
- VOOGT, J. A. & T. R. OKE (2003): Thermal Remote Sensing of Urban Climates. *Remote Sensing of Environment* 86(3): 370–384.
- WOLMAN, H., GALSTER, G., HANSON, R., RATCLIFFE, M., FURDELL, K. & A. SARZYNSKI (2005): The Fundamental Challenge in Measuring Sprawl: Which Land Should Be Considered? – *The Professional Geographer* 57(1): 94–105.
- WURM, M., H. TAUBENBÖCK, A. ROTH & S. DECH (2009): Urban Structuring Using Multisensoral Remote Sensing Data – by the Example of German Cities – Cologne and Dresden. – Urban Remote Sensing Joint Event. Shanghai (China).
- WURM, M., TAUBENBÖCK, H., ZWENZNER, H., GÄHLER, M., ROTH, A. & S. DECH (2010): Verwundbarkeitsassessment gegenüber Hochwasserereignissen mittels Fernerkundung. Leitfaden »Hochwasserschutz« (=Schriftenreihe Praxis und Bevölkerungsschutz).

## 7.2 Abschätzung der Bevölkerungsverteilung mit Methoden der Fernerkundung

M. Wurm & H. Taubenböck

### Einleitung

Der demographische Wandel in Deutschland ist durch Rückgang, Alterung und Wanderungsbewegungen der Bevölkerung gekennzeichnet (KILPER & MÜLLER, 2005). Diese Prozesse sind räumlich stark unterschiedlich ausgeprägt, so wird für München im Vergleich zu Städten wie Leipzig auch zukünftig Bevölkerungswachstum prognostiziert. Diese Prozesse haben entscheidenden Einfluss auf die Siedlungsentwicklung und -dichte, den Flächenverbrauch, die Mobilität sowie die technischen Infrastruktursysteme. Eine nachhaltige Raumentwicklung muss daher, neben physischen Indikatoren wie in Kapitel 5 dargestellt, auch auf einer aktuellen Informationsgrundlage zur Bevölkerungsverteilung basieren.

In Deutschland leben 73,5 % der Bevölkerung in Städten (UNITED NATIONS, 2008), während nur 8 % der Gesamtfläche des Bundesgebietes städtisch geprägt sind (STATISTISCHES

BUNDESAMT, 2009). Für die Raumordnung ist es daher von zentralem Interesse, Informationen zur heterogenen Verteilung der Bevölkerung im kleinräumigen urbanen Raum als Grundlage zu haben. Gerade auch global betrachtet, bedingt die explosiv voranschreitende Urbanisierung flächendeckende und aktuelle räumliche Informationen für planungsrelevante Entscheidungen.

Daten zur Bevölkerungsverteilung sind allerdings oftmals nicht verfügbar, veraltet, generalisiert oder unterliegen – wie oft in Deutschland der Fall – datenschutzrechtlichen Bestimmungen. Aufgrund der großen Dynamik vieler urbaner Räume muss diese Information allerdings besonders intensiv gepflegt und ständig aktualisiert werden. Fernerkundliche Methoden zielen darauf ab, unabhängige – im Vergleich zu Zensuserhebungen – kostengünstige und flächendeckende Abschätzungen der Bevölkerungsverteilung in einem indirekten Messverfahren bereitzustellen. Indirekt deshalb,

***ANHANG B-5: SIEDENTOP, S. & FINA, S. 2012. Who sprawls most? Exploring the patterns of urban growth across 26 European countries. Environment and Planning B, Vol. 44, S. 2765-2784.***

---

# Who sprawls most? Exploring the patterns of urban growth across 26 European countries

---

**Stefan Siedentop, Stefan Fina**

Institute of Regional Development Planning, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, D-70569 Stuttgart, Germany; e-mail: stefan.siedentop@ireus.uni-stuttgart.de, stefan.fina@ireus.uni-stuttgart.de

Received 12 February 2012; in revised form 11 April 2012

---

**Abstract.** In recent years considerable progress has been made in the understanding of urban land-use change and its dynamic interrelationships with economic, social, and environmental systems. From a quantitative perspective, advancements in GIS technologies, the increased availability of high-resolution remote sensing data, and new GIS-based spatial metrics of urban form and urban growth have helped to establish methods for comparative spatial analysis. However, due to the lack of homogeneous data, very few empirical studies have systematically addressed urbanisation and urban growth at a cross-national level. With this background, this paper presents a comparative assessment of urban land-use change across twenty-six European countries. On two scales of analysis, country and 20 km cells, we found a surprising variability in terms of urban growth and its territorial shape. We argue that these differences cannot be explained by varying demographic or economic growth pressures alone. Indicators on the composition, pattern, and density of urban growth illustrate that country-specific drivers of urban land-use change play an important role for the shaping of Europe's settlement structure.

**Keywords:** land use, urban form, urban sprawl, urban growth, indicators

## 1 Introduction

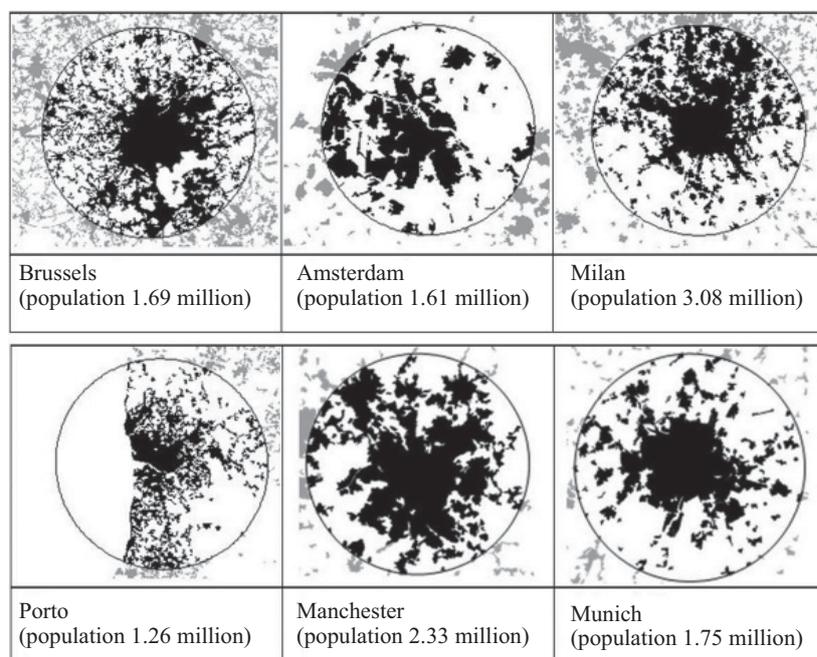
In recent years considerable progress has been made in understanding the dynamics of urban land-use change and its complex impacts on economic, social, and environmental systems. New measurement approaches have become available that characterise the urban structure in terms of the relationship between physical form and impact dimensions (Ewing et al, 2002; Galster et al, 2001; Huang et al, 2007; Jaeger et al, 2009; Siedentop and Fina, 2010; Torrens, 2008; Tsai, 2005). The improved spatial resolution and quality of digital land-use and land-cover data has opened up new possibilities for the calculation of more detailed spatial metrics (Herold et al, 2002; Ji et al, 2006). In addition, the increasing availability of consistent longitudinal data over longer periods allows for the analysis of the dynamics of urban growth and its spatiotemporal patterns (Angel, 2011; Ji et al, 2006; Schneider and Woodcock, 2008).

One would hope that enhanced analytical capacities would help to inform decision makers about the multiple driving forces and impacts of poorly planned and poorly managed urban growth, popularly referred to as 'urban sprawl'. Numerous empirical studies provide evidence that the way urban growth is spatially organised significantly influences the magnitude of environmental degradation, the magnitude of resource consumption, and infrastructure efficiency (Alberti, 2005; Batty et al, 2003; Burchell et al, 2002; Ewing, 1997; Siedentop, 2005). In addition to the assessment of environmental, social, and economic impacts, urban research has focused on the forces that shape urban growth and—more specifically—urban sprawl. The latter is perceived as a specific physical formation of urban growth characterised by an excessive increase in urban land uses, decreasing urban densities, and a spatially

dispersed distribution of households and economic functions (Jaeger et al, 2009; Siedentop and Fina, 2010).

In general, the sprawl phenomenon is explained using a complex array of demographic, socioeconomic, and physical factors. Neoclassical economic thinking explains the growing physical footprint of cities and their declining densities by the combined effect of demographic and economic growth, rising affluence, enhanced individual mobility, and decreasing agricultural land rents (Brueckner and Fansler, 1983; Glaeser and Kahn, 2003; Mieszkowski and Mills, 1993). Other explanatory models emphasise the willingness of people to locate themselves in a particular jurisdiction based on individual preferences and on the availability of local amenities. Following this approach, different kinds of ‘push’ and ‘pull’ factors motivate central city dwellers (and also firms) to relocate to suburban or even exurban communities. Moreover, some studies present evidence that demographic and economic decentralisation is further fuelled by the fiscal competition of municipalities, by public subsidies for transportation, extensive suburban land use, and weak land-use planning systems on urban and regional scales (Razin and Rosentraub, 2000; Su and DeSalvo, 2008; Ulfarsson and Carruthers, 2006).

According to the literature, urban sprawl seems to be a process with similar characteristics worldwide, and similar economic and social root causes. However, the physical result may vary in different countries, with significant dissimilarities in terms of land-use patterns, densities, and urban design. Despite common aspects characterising urban growth in metropolitan areas—more people and economic output increases demand for urban land—there are obviously different ways to cope with this kind of pressure. For example, the dispersed urban development at the urban fringe of Brussels, Porto, or Milano stands in sharp contrast to the more compact land-use patterns visible in Amsterdam, Munich, or Manchester (see figure 1).



**Figure 1.** Urban form of selected European city regions (20 km radius around the CBD of the core city; source: CORINE land cover 2006).

Due to the lack of internationally comparative data, very few empirical studies have systematically addressed these questions so far (EEA, 2011; Guérois and Pumain, 2008; Huang et al, 2007; Kasanko et al, 2006; Schneider and Woodcock, 2008). Research on urban sprawl is largely limited to case studies of selected metropolitan areas within a national context, and for which consistent land-use or land-cover data are available. Information on

---

the explicit national and regional influence on urban land-use change and its physical shape is rare. The few studies that do exist provide further evidence for the remarkable differences in urbanisation patterns that can be observed, but also for common aspects like the ongoing conversion of nonurban land to urban land uses and the decrease of urban densities (Angel 2011; Huang et al, 2007; Kasanko et al, 2006; Schneider and Woodcock 2008; Schwarz 2010).

We argue that the lack of international comparative studies on the intensity and spatial coverage of urban sprawl constrains the understanding of the economic, social, and political drivers of sprawl. While demographic and economic trends are usually well documented, few studies focus on the per capita amount of urbanised land, the rates of growth, and the spatial patterns of urban expansion in different world regions and countries (EEA, 2006a; Schneider and Woodcock, 2008). We simply do not know exactly how industrialised countries and their metropolitan areas compare internationally in terms of sprawl patterns.

With this background, this paper aims to improve the understanding of urban land-use change by comparing urban development patterns in European countries. We present results of a comparative measurement and assessment of urban form and urban growth across twenty-six nations, most of them EU member states. For this purpose, we employ a set of commonly used and well-documented indicators. The selected measures refer to (a) the spatial extent of urban land uses and the rates of land conversion to urban uses; (b) the compactness of urban areas and the spatial dispersion of new development; and (c) urban density. By using land-use data for different points in time, the analysis is both cross-sectional and longitudinal. The main part (section 3) of this paper presents the empirical findings for eight static and dynamic indicators for the years 1990, 2000, and 2006. In order to avoid scaling issues and allow for comparability of indicators based on different data sources, a polygon layer containing  $20 \times 20$  km squares was used for the final visualisation of indicator results. All outputs were aggregated to this grid and to the national level.

The paper is organised in four sections. In section 2 the methodological approach is introduced. This includes a brief introduction into the conceptual approach regarding the measurement of urban sprawl and the data sources used. The methods that were used to map urban form patterns are also covered in section 2. Section 3 provides a detailed overview of the empirical results, which are discussed in more detail in section 4.

## **2 Methodological approach**

This study presents data on urban land use (also referred to as artificial or built-up land) and its change over time in the form of cross-national statistics and maps. Indicators were calculated for the years 1990, 2000, and 2006, for twenty-five of the current European Union member states, plus Croatia, a candidate country at the time of the data release. The most regrettable data gaps were the CORINE updates for the UK and Greece for 2006, and the CORINE data for Latvia, Finland, and Sweden for 1990.

### **2.1 Indicators for measuring urban form**

Our choice of indicators is based on a conceptual framework distinguishing three key dimensions of urban sprawl [see table 1 and Siedentop and Fina (2010) for details]:

- land-use composition as the proportion of urban land uses with mostly artificial surfaces (composition dimension),
- land-use pattern as the spatial configuration of urban land-use patches (pattern dimension), and
- urban density as a measure of land-use intensity (density dimension).

---

With these three dimensions (and indicators representing them) the spatiotemporal characteristics of urban sprawl can be measured sufficiently. Following this logic, we argue that the degree of urban sprawl in a given study area increases

- when more urban land is present in that area,
- when the urban land-use patches are more dispersed, and
- when the urban density of an area is lower.

The change of land-use composition can be regarded as a first key dimension of urban sprawl. Urban growth usually brings large-scale conversion processes of nonurban to urban land uses with it, accompanied by increasing percentages of artificial, impervious surfaces. Imperviousness has been linked to several environmental degradation phenomena such as the urban heat island effect, poor air quality, increased stormwater runoff, and surface water pollution (Alberti, 2005; Arnold and Gibbons, 1996; Moglen and Kim, 2007). The core areas of metropolitan regions are especially affected by high levels of imperviousness.

A second dimension of sprawl refers to urban land-use patterns and change. According to this dimension, urban sprawl describes the transition of a compact urban form into a dispersed and fragmented land-use pattern (Jaeger et al, 2009). A typical feature of sprawl is an irregular, discontinuous urban form with a highly fragmented mosaic of different land uses. Researchers claim that changes in land-use patterns are responsible for an efficiency reduction of urban services such as road infrastructure or sewer systems (Burchell et al, 1998; Doubek and Zanetti, 1999). There is also evidence that spatially dispersed urban functions contribute to larger travel distances (Cervero and Murakami, 2010; Naess, 2007). In addition, the fragmentation of natural habitats through a process of perforation, dissection, and isolation of natural or seminatural ecosystems is reported to be an effective predictor of species loss and pressure on biodiversity (Jaeger, 2000; Theobald et al, 1997).

Finally, urban sprawl is usually characterised by declining urban densities (Angel, 2011). On the city level, decreasing values and flattening gradients are an outcome of low-density developments at the urban fringe. Density losses within the urbanised area are an effect of household dynamics and rising affluence, in shrinking areas also of demographic transformation processes. Numerous studies provide evidence that low densities reduce the economic efficiency of urban services and increase demand for motorised transportation (Burchell and Mukherji, 2003; Burchell et al, 2002; Ewing et al, 2008; Newman and Kenworthy, 2006; Speir and Stephenson, 2002). Some research suggests that people living in low-density areas are likely to walk less and are more likely to suffer from obesity and obesity-related chronic diseases than people who live in less sprawling areas (Ewing et al, 2003). At the same time, it is also fair to say that some of these findings may not be as clearcut as single study results suggest [see, for example, the repique on Ewing et al (2003) in Eid et al (2007)].

On the basis of this conceptual framework, we selected eight indicators that represent the three dimensions of urban sprawl [composition, pattern, density (see table 1 and the online appendix, <http://www.dx.doi.org/10.1068/a4580>). The rationale for the selection of indicators was to meet the following three criteria, in order of priority. First, we want to cover each dimension of urban sprawl with at least one static (expressing the situation at a certain point in time) and one dynamic indicator (measuring the development between two points in time). Unfortunately, due to data limitations, the change in density could not be measured. Second, this contribution intends to include indicators that are well documented and of widespread use in quantitative research on urban development (for example, share and growth of urban areas, urban density, soil sealing). Finally, we aim to test and implement a range of possible indicators for the pattern dimension of urban sprawl. This field of indicator development is relatively new and relies heavily on spatial analysis methods that capture aspects like fragmentation of open space or dispersion of urban areas. It requires detailed geodata that have only recently become available—at least on a countrywide scale.

**Table 1.** Description of employed indicators (for details see the online appendix).

Indicator dimension	Indicator	Description
Composition	(1) Land consumption	The ‘land consumption’ (percentage) is measured as the percentage share of urban (artificial) land to the total land area. It indicates the level of urbanisation for a given area. Urban land is classified with CLC codes < 200, except mining (code 131).
	(2) Normalised urban land consumption	The ‘normalised urban land consumption’ (standard deviations) indicates by how much the land consumption in an area deviates from the average of all sampled areas. Positive values stand for land consumption above average, negative values are below average. The values are normalised by population density to account for country size and population.
	(3) Growth of urban land	The ‘growth of urban land’ (percentage) is calculated as the annual growth of urban land (compounding growth from the start of the observation period). Annual growth rates were calculated for the approximate year that CORINE satellite images were recorded (EEA, 2006b).
	(4) Sealing degree of urban land	The ‘sealing degree of urban land’ (percentage) informs about the amount of sealed surfaces within urban areas. Lower values are an indication of a spacious and loose urban setting where built-up areas are interspersed with large amounts of vegetated plots of land. Higher values indicate a more compact urban form, thus being less sprawling like than urban areas with a lower percentage of sealed surfaces.
Pattern	(5) Effective open space	The ‘effective open space’ indicates the degree of fragmentation of open spaces and potential habitats. Conceptually, it examines the amount and structure of open space within an area, where larger areas are given a higher weighting in the resulting ‘effective share of open space’ index. This takes into account ecological considerations that larger habitats are important elements of conservation strategies (Ackermann and Schweiger, 2008 and the online appendix).
	(6) Decline of effective open space	The ‘decline of effective open space’ (percentage) is calculated as the percentage change of the measured effective open space values within an observation period.
	(7) Gini index	The ‘Gini index’ measures the distribution of new urban areas across the country. High values indicate that new development has been concentrated in few places, for example along coasts or around main hubs. In contrast, low values show that new settlements are widespread in many places. In the latter case, area-wide land take can be assumed to lead to higher fragmentation rates of open space.
Density	(8) Urban density	The ‘urban density’ (inhabitants per hectare) is a widely used measure to indicate the intensity of urban land use. It was calculated by a spatial overlay of population and sealed surfaces on a 100 × 100 m resolution. Generally speaking, the lower the indicator values, the lower the intensity of land use.

## 2.2 Data use

The data used for the mapping of urban form patterns in EU countries were sourced mainly from the CORINE (Coordination of Information on the Environment, CLC) project of the European Environment Agency and complementary datasets on soil sealing (“FTS Soil Sealing layer”) and population (“Population density grid of the European Union”), both also from the European Environment Agency. The CLC land-cover dataset was first put together

---

for the year 1990. Updates were released for the years 2000 and 2006. It captures forty-six categories of land cover at a 1:100 000 scale, and is now integrated with the GMES (Global Monitoring for Environment and Security) project of the European Union and the European Space Agency (EEA, 2006a; Keil et al, 2010).

The advantage of the CORINE dataset is the area-wide comparability of land-cover changes over time for a large number of European countries. CORINE data operate with a consistent classification catalogue, standardised change detection routines and ground truthing algorithms that all participating countries adhere to. The coordination effort that goes into the harmonisation of CORINE data sets it apart from data sources that achieve much higher levels of detail but are not available on an area-wide basis.

The disadvantage of CORINE data is the limited area size of a land-cover polygon that is registered as a unique land-cover feature, and the inaccuracy of the base years: with the former, the limit is about 25 ha for a land-cover polygon in any one year, and 5 ha for the detection methods of land-cover changes between two base years (EEA, 2006a; Einig et al, 2009). The latter has seen a deviation of up to five years for the remote-sensing images that have been taken for the 1990 version of CORINE, and up to one year for newer releases. Although these limitations mean that a direct comparison with national land-use statistics is not possible and that *local* sprawl aspects cannot be covered, our method is in line with a number of studies that assess the data to be sufficiently detailed to monitor sprawl and growth patterns on *national* and *regional* scales (for instance, EEA, 2011; Einig et al, 2009). And in contrast to earlier studies based on CORINE land-cover data, there is now the added benefit that comes with the recent CORINE update for the year 2006. It allows us not only to monitor land-use change over a longer period, but also to compare growth rates between two time periods.

Another dataset used in this study was the FTS Soil Sealing layer of the European Union that gives the percentage of sealed surfaces for the whole of Europe [100 m resolution (Kahabka and Lucera, 2008)]. This dataset was used to calculate the amount of impervious surface within the CORINE urban areas which allows us to compute indicator 4 (sealing degree of urban areas). In contrast to indicator 1 (proportion of urban area) that looks at the urban areas as a whole, the sealing degree of urban areas delivers additional information on the internal structure of urban areas in terms of sealed (impervious) versus nonsealed surfaces [ie, recreational areas, open spaces, vegetated backyards, etc (see also Angel et al, 2005)].

Lastly, a disaggregated population density map from 2001 (Gallego, 2010) with a resolution of  $100 \times 100$  m was used to overlay population and sealed areas spatially, thus arriving at a unique urban density map for the whole of Europe. Within the accuracy of this resolution, it gives a focused indication of the usage levels of built space associated with sealed land. Unfortunately, there are no other years available where the combination of such a level of detail on a European basis would be possible. We were therefore not able to present multitemporal information for this indicator.

### 2.3 Mapping land use and land-use change

We present empirical results for countries as well as for disaggregated territorial units. For mapping purposes, a polygon layer containing  $20 \times 20$  km squares was used for reporting and mapping aggregated indicator results. The use of such a homogeneous grid of cells has the advantage that each output area allows for an unconstrained comparability of indicator values in a standardised map layout. This is of special importance when indicator values are dependent on area size and when spatial coverage aims to capture area-wide variations of urbanisation. In contrast to other studies that work with morphological or functional urban areas of single-city regions, we have opted to use this area-wide approach because we wanted to give a spatially unconstrained characterisation of urban areas throughout all types of

---

settlement structures and for all countries of the European Union. The size of the  $20 \times 20$  km grid was selected as a compromise between the intention to provide sufficient detail to detect regional patterns, and data accuracy limitations. Country measures were calculated either by computing aggregate statistics or mean values of all raster cells that cover a country.

The mapping of indicators required processing of large amounts of geodata in a geographic information system. For most composition indicators, simple overlay techniques were sufficient to extract overlapping geographic features and transform aggregated indicator values to the reference grid. Pattern measurements were more complex to calculate, since they required spatial analysis techniques to assess the form and distribution of polygons within each cell of the reference grid. The workflows required iterations of analysis routines that were mostly implemented in ArcGIS model builder. In some cases, raster processing and conversion techniques were utilised to combine and integrate data formats within the vector analysis workflow (urban density, soil sealing). Detailed formulae for indicator calculation are given in the appendix; for further details see Siedentop and Fina (2010).

### 3 Results

Table 2 presents an overview of average indicator values on a country scale, starting with general information on the total land area and population size. Within this context, each country is then portrayed by the aggregated indicator results of the urban sprawl dimensions explained above (composition, pattern, density). The top-five countries in terms of most sprawl-like indicator values are shaded grey in the respective cells. Selected maps complement these results and are discussed below.

#### 3.1 Change in land-use composition

Most of our sample countries are characterised by uneven territorial distribution of urban land and growth of urban land. The maps in figure 2 illustrate the variations on the regional scale for the EU member states that provide CORINE data for 2006.<sup>(1)</sup> The base map of the urban land consumption within each cell [indicator 1, figure 2(a)] highlights the high levels of urbanisation in regions between the North Sea and the Black Sea. A large cluster of cells with more than 10% of urban area can be found in Belgium, in neighbouring parts of the Netherlands and Germany (the Rhine-Ruhr agglomeration and the southwestern parts of Germany), and northern Italy, divided by the Alps. This well-known Central European 'pentagon' area represents the economic heart of Europe and therefore pressure on land resources is assumed to be above average here. In Southern Europe high levels of urbanisation are concentrated mainly in urban agglomerations along the coasts (apart from Madrid). Especially along the north Portuguese, the Spanish, and French Mediterranean coastlines a nearly closed belt of urban areas has emerged since the 1950s and the beginning of mass tourism in these regions.

After normalisation by population density (indicator 2), a comparison of this urban area distribution against the European average shows that large parts of Scandinavia and the Baltic States, of France/Belgium/Luxemburg, and of the Eastern European countries (extending to Eastern Germany but excluding Poland) rank highest [normalized land consumption, figure 2(b) and table 2]. This aspect points towards a higher land consumption rate per capita in these areas which is an important measure for efficiency assessments of urban structures. The deviation rates for this indicator in table 2 confirm these findings on the national level.

The distribution of urban areas seen here is certainly the legacy of hundreds of years of urban development. However, large parts have only been developed in recent years (growth of urban land, indicator 3 in table 2 and figure 3). The most prominent countries affected

<sup>(1)</sup>Note that we have substituted the missing 2006 data for the United Kingdom and Greece with the 2000 dataset.

**Table 2.** Country results.

Country	General		Composition				
	area (1000 km <sup>2</sup> )	population (millions)	(1) land consumption (%)	(2) normalised land consumption (SD)	(3) growth of urban land (% pa)		(4) sealing degree of urban land (%)
	2003	2001	2006	2006	1990– 2000	2000– 2006	2006
Austria	84	8	4.2	−2.6	0.09	0.10	<b>30.0</b>
Belgium	31	10	<b>20.3</b>	<b>3.5</b>	0.16	0.02	30.2
Bulgaria	111	8	4.7	<b>3.7</b>	0.00	0.02	32.0
Croatia	57	4	3.0	−2.2	0.16	0.33	38.7
Czech Republic	79	10	6.0	2.7	0.06	0.11	40.3
Denmark	43	5	<b>7.2</b>	3.4	0.22	0.19	34.2
Estonia	45	1	1.9	<b>3.7</b>	0.12	0.22	<b>26.2</b>
Finland	337	5	1.3	<b>5.1</b>	–	0.12	<b>22.9</b>
France	549	58	4.8	−2.6	0.26	0.18	39.1
Germany	358	82	<b>8.0</b>	−2.0	0.31	0.11	46.7
Greece	132	11	1.9 <sup>a</sup>	−1.4	<b>0.55</b>	–	39.1
Hungary	93	10	5.8	3.1	0.06	0.16	44.5
Ireland	70	4	2.0	−2.2	<b>1.63</b>	<b>0.75</b>	32.1
Italy	301	57	4.6	−1.4	0.40	0.22	39.1
Latvia	65	2	1.3	−2.0	–	−0.04	36.4
Lithuania	65	3	3.2	3.5	0.01	0.10	33.6
Luxemburg	3	0	<b>9.8</b>	3.4	0.51	0.02	31.1
Netherlands	37	16	<b>13.2</b>	−1.8	<b>1.04</b>	<b>0.39</b>	45.3
Poland	312	38	3.3	−1.6	0.04	0.08	42.7
Portugal	89	10	2.8	−1.5	<b>1.55</b>	<b>0.54</b>	49.1
Romania	238	22	6.2	<b>3.9</b>	0.02	0.03	<b>22.2</b>
Slovakia	49	5	5.6	3.0	0.00	0.10	34.7
Slovenia	20	2	2.7	−1.6	0.03	0.12	35.5
Spain	498	39	1.7	−1.3	<b>1.14</b>	<b>0.81</b>	44.5
Sweden	449	9	1.3	<b>4.0</b>	–	<b>0.47</b>	<b>20.4</b>
United Kingdom	245	59	7.2 <sup>a</sup>	−1.8	0.09	–	39.2 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>2000 values.

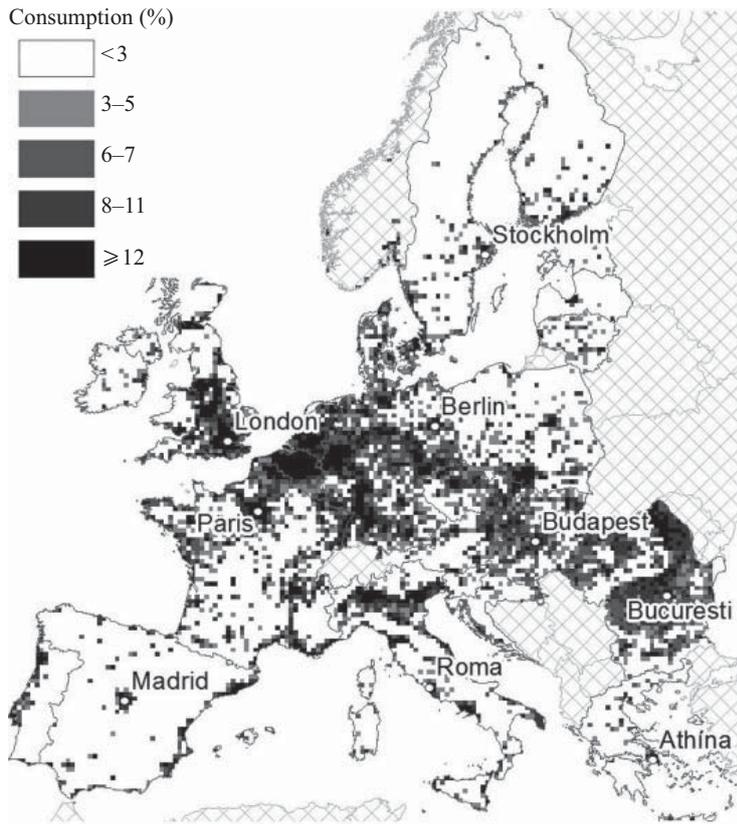
by a collapse of the real estate market during the financial crisis of the recent past exhibit the highest growth rates: Ireland, Portugal, and Spain, and to some degree also Greece—where data were available only for the period from 1990 to 2000—experienced a tremendous spatial expansion of their urbanised areas in the 1990s and, although with reduced speed, they continued growing into the 2000s. The same is true for the Netherlands, where large amounts of new urban area were added to an already highly urbanised landscape. And although Dutch land-management policies are known to focus on compact new urban areas [“Memorandums on Spatial Planning” (see Priemus, 2004; Priemus and Louw, 2003)], the sheer amount of new urban area that has been added is still significant. Therefore, the fast-growing countries can be subdivided into two groups: one group of countries with low urban densities (indicator 8)

**Table 2** (continued).

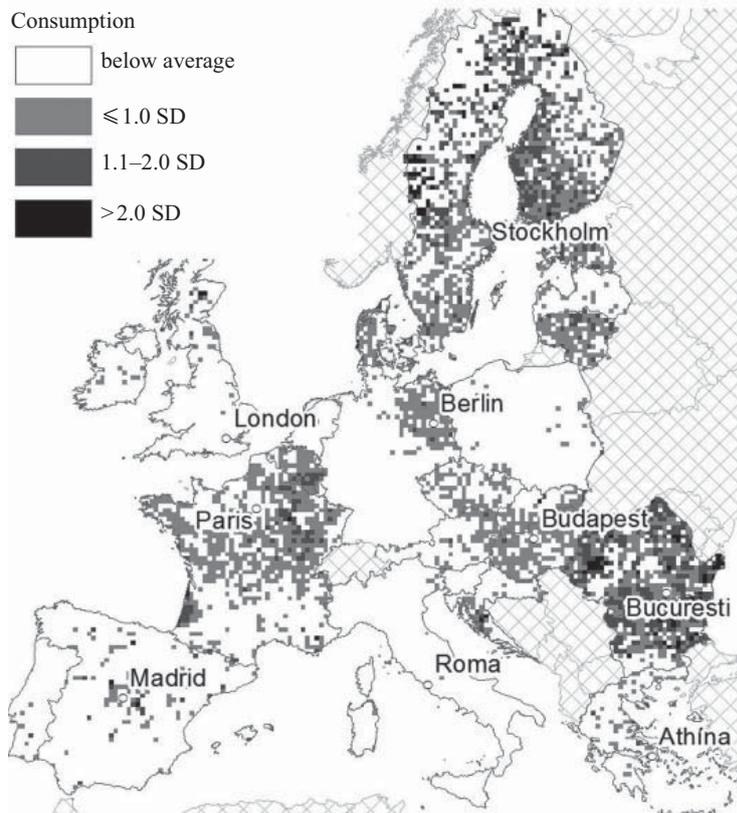
Country	Pattern					Density
	(5) effective open space (index)	(6) decline of effective open space (%)		(7) Gini Index		(8) Urban density (inhabitants per ha)
	2006	1990–2000	2000–2006	1990–2000	2000–2006	2001
Austria	0.82	0.0	–0.6	0.78	0.80	47.1
Belgium	<b>0.37</b>	<b>–1.7</b>	–0.6	<b>0.63</b>	0.76	46.0
Bulgaria	0.80	0.0	0.2	0.97	0.96	39.9
Croatia	<b>0.65</b>	–0.3	<b>–1.3</b>	0.93	0.85	39.4
Czech Republic	0.70	–0.3	–0.6	0.79	0.72	42.2
Denmark	<b>0.56</b>	–0.7	–0.7	<b>0.63</b>	<b>0.72</b>	38.4
Estonia	0.76	–0.1	–0.2	0.98	0.93	34.8
Finland	0.87	–	–0.1	–	0.92	<b>26.5</b>
France	0.76	–0.5	–0.5	0.71	<b>0.71</b>	38.5
Germany	0.68	<b>–1.5</b>	–0.6	<b>0.52</b>	<b>0.60</b>	44.9
Greece	0.66 <sup>a</sup>	–0.7	–	0.91	–	44.7
Hungary	0.75	0.0	–0.6	0.83	0.81	35.2
Ireland	0.79	<b>–1.4</b>	–0.7	0.73	0.74	<b>34.7</b>
Italy	0.73	–1.1	–0.6	0.67	0.74	66.5
Latvia	0.92	–	0.2	–	0.77	<b>32.1</b>
Lithuania	0.82	0.0	–0.2	0.95	0.92	<b>27.0</b>
Luxemburg	<b>0.63</b>	–1.2	–0.4	<b>0.64</b>	<b>0.71</b>	<b>32.3</b>
Netherlands	<b>0.54</b>	<b>–5.3</b>	<b>–3.0</b>	<b>0.49</b>	<b>0.53</b>	50.2
Poland	0.82	–0.1	–0.4	0.91	0.89	50.9
Portugal	0.84	<b>–2.2</b>	<b>–1.6</b>	0.78	0.73	35.6
Romania	0.69	0.0	–0.1	0.93	0.91	56.8
Slovakia	0.72	–0.1	–0.3	0.70	0.90	45.6
Slovenia	0.83	–0.3	<b>–0.8</b>	0.97	0.86	49.6
Spain	0.88	–0.9	<b>–1.2</b>	0.85	0.82	56.6
Sweden	0.88	0.0	–0.2	–	0.91	47.3
United Kingdom	0.68 <sup>a</sup>	–0.2	–	0.99	–	49.0

and urbanisation levels, but high growth rates (Ireland, Spain, Portugal) and one group of countries with high population densities and urbanisation levels but also high growth rates (Luxemburg, Netherlands, and to some degree Germany). Other countries are characterised by a range of values across these criteria.

Another aspect of this map worth noticing is the relatively low rate of urban area growth throughout most of the new member states in Eastern Europe. Although significant and in a few cases high levels can be found in some areas, the overall dynamics here are below Western European growth rates, but with higher variations. Interregional economic disparities and the relocation of Western European industries to these countries are likely to have caused concentrations of urban growth in and around the capital regions (Molle, 2007). In this context,

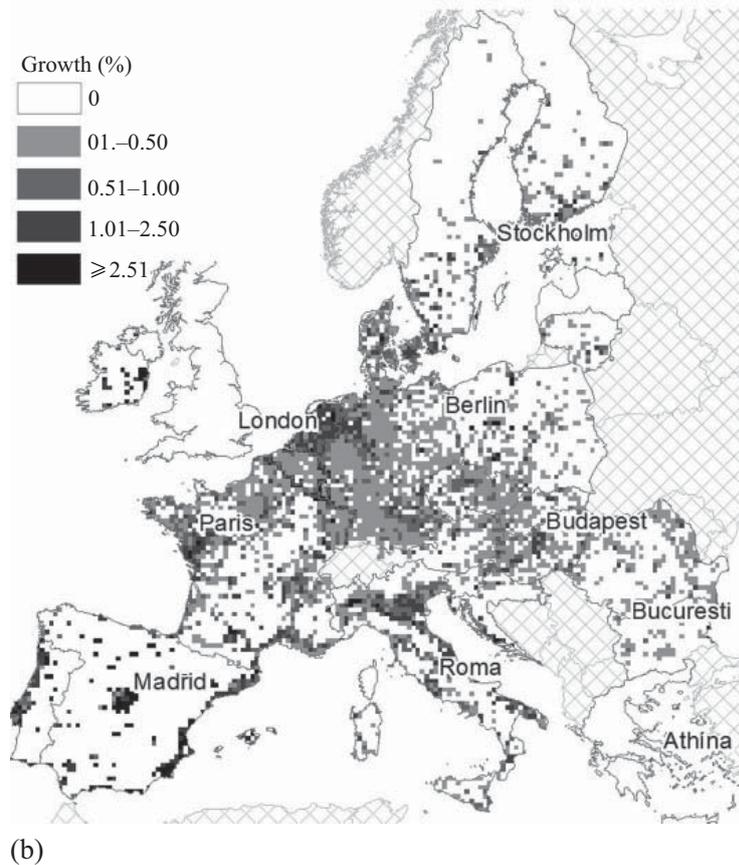
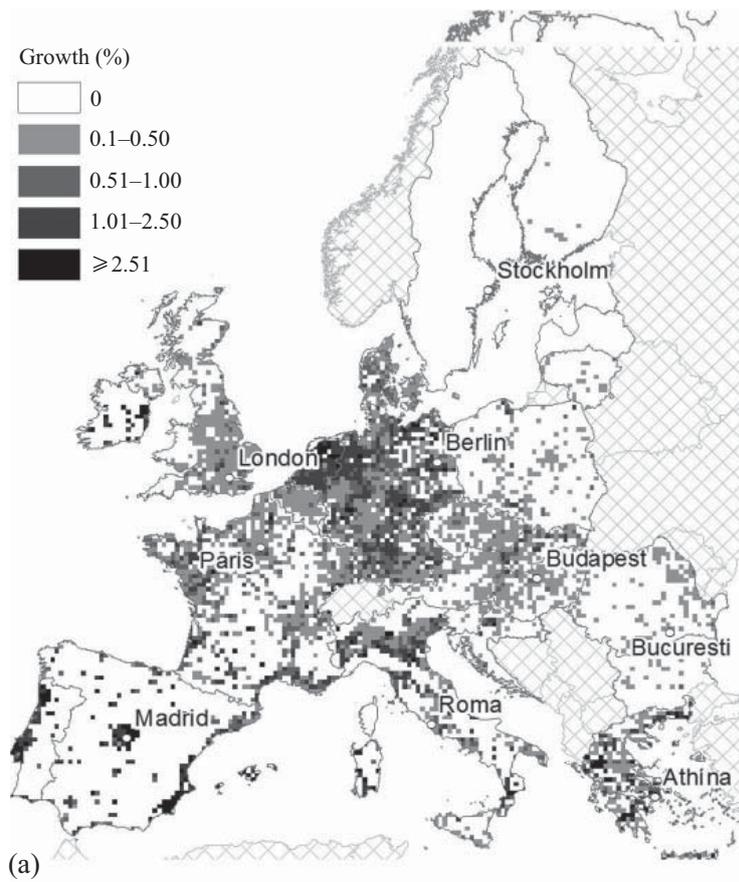


(a)



(b)

**Figure 2:** (a) Land consumption (indicator 1); (b) normalised land consumption (indicator 2) (data source: CORINE land cover 2006, Greece and United Kingdom: 2000).



**Figure 3,** (Annual) growth of urban land (indicator 3) from 1990 to 2000 (a) and 2000 to 2006 (b) (data source: CORINE land cover 1990, 2000, 2006; Greece and United Kingdom: 1990 and 2000).

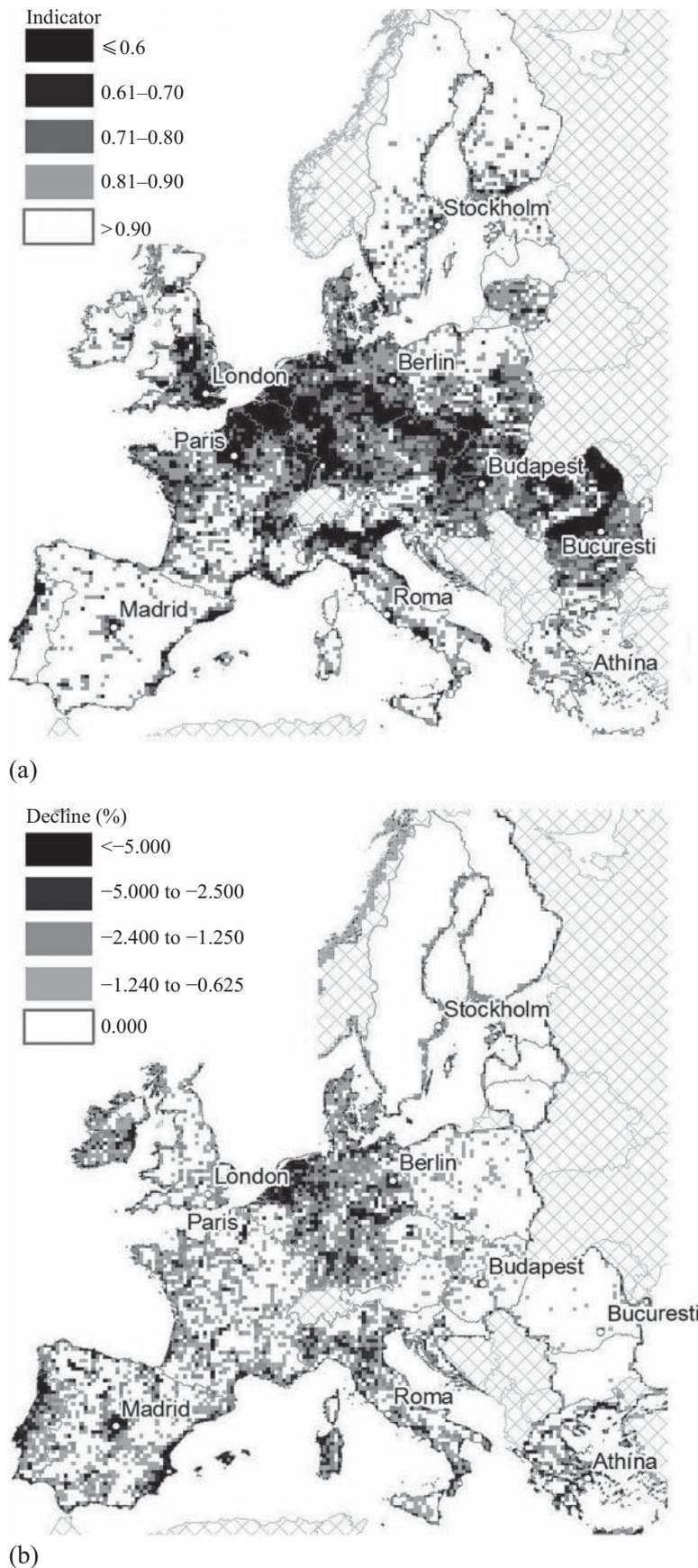
---

table 2 and figure 3 help to shed some light on the varying trends by comparing average annual growth rates in the period 2000 to 2006 with values for the previous observation period. It can be shown that some countries experienced a slower pace of urban growth in the second observation period. This applies especially to Belgium and Germany as two highly urbanised countries. With the exception of Slovakia, all East European countries that have recently joined the European Union show the opposite trend—here the rate of urban growth has accelerated since 2000. Overall, the map confirms that large parts of Western Europe have reduced the rate of land consumption in recent years, particularly in locations where high levels of urbanisation were already present (Benelux countries, large parts of Germany, parts of Hungary and Romania). Some islands of intensified growth, however, remain, especially along the coasts of the Mediterranean countries, in the Netherlands and Ireland, in remote parts of France, in Northern Italy, Bavaria and the Rhine-Main area in Germany, and in Denmark. As for Eastern Europe the picture is more diverse, with a spatially dispersed pattern across the countries of central latitudes (parts of the Czech Republic, Slovenia, Hungary, and Romania, and some parts of Poland). This may be interpreted as the spatial representation of the economic development trends mentioned above with prosperous core regions (capital regions) and an economically lagging periphery.

The next indicator looks at the proportion of sealed surfaces within urban areas (sealing degree, indicator 4). The highest values here are for Portugal/Spain, Germany/the Netherlands, and Hungary, suggesting that urban areas in these countries have—on average—less open space than other countries. At the other end of the spectrum, Scandinavian and Baltic countries (Finland/Sweden/Estonia) but also Romania and Austria have large amounts of open space within their settlements. Whereas settlement patterns in Scandinavia and the Baltics are known to be low density and spread over large amounts of open area, in Austria and Romania it could be the topography that causes settlements to include many patches of unsealed surface. To some extent, these observations correspond with the results for indicator 2 (normalised land consumption) discussed above: populous areas with relatively compact urban forms and high concentrations of infrastructure and buildings (= sealed surfaces) use land resources more efficiently and are therefore less sprawling. In this context, however, it should not be overlooked that lack of open space can also lead to higher vulnerabilities towards urban heat island effects or flooding, and impact on the quality of life.

### **3.2 Change in land-use pattern**

In section 2.1, we pointed out that urban form (compact or dispersed, dense or spread-out, etc) and its changes over time play an important role for the assessment of land-use change. The pattern indicators calculated for each country show where urbanisation has had the highest impact on landscape fragmentation and spatial dispersion of urban land uses (table 2). The ‘effective open space’ looks at the amount of open space within an area, where larger patches score higher values than highly fragmented patches. High values of this indicator, therefore, identify areas with relatively undisturbed landscape resources. Figure 4(a) shows a drastic variability of fragmentation levels across European regions. It is apparent that highly urbanised countries like Belgium, Germany, the Netherlands, and the United Kingdom suffer from a nearly complete loss of larger undisturbed landscapes, at least in and around their metropolitan areas. Long-lasting urban expansion and infrastructure development over the last decades have led to a fragmented mosaic of habitat patches. On the other hand, we see countries that still have extensive unfragmented areas. This applies especially to Estonia, Ireland, Spain, Sweden, and parts of Poland and France. In general, low values appear in and around the large urban agglomerations whereas high values can be found in peripheral, sparsely populated areas.



**Figure 4.** (a) Effective open space (indicator 5) in 2006 (source: Ackermann and Schweiger, 2008; Scheppe-Kraft, 2007; data source: CORINE land cover 2006; Greece and United Kingdom: 2000). (b) Decline of effective open space (indicator 6) between 1990 and 2006 (data source: CORINE land cover 1990, 2006; Greece and United Kingdom: 1990, 2000).

---

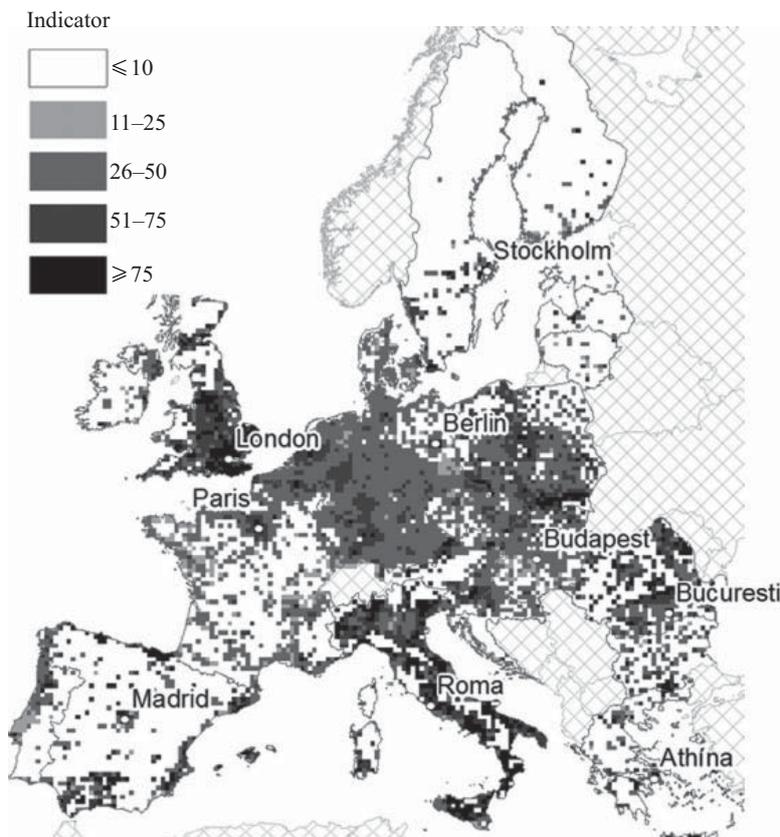
Table 2 shows that Belgium has by far the lowest values for effective share of open space (indicator 5): that is, the urbanisation patterns found here fragment open space excessively (see also figure 1, Brussels). Other countries that rank highly in the fragmentation of open space are the Netherlands, Denmark, Luxemburg, and Croatia. Although there is certainly some correlation between these indicator results and the amount of urban area that is present in a country (figure 2), the values do deviate where significant differences in settlement patterns are present. An example is Greece, which has a similar proportion of total land area to, for example, Estonia—but it is obviously much more fragmented because effective open space is 0.1 points less than in Estonia. The map also shows that fragmentation is not simply a function of population density and urbanisation: the spatial configuration and shape of urban areas has a significant impact on the amount of effective open space, measured especially when irregular shapes of urban patches dominate settlement patterns. Examples can be found in Saxony in eastern Germany or the eastern foothills of the Carpathian mountains in Romania.

Most countries in our sample show that ongoing urbanisation leads to further fragmentation (indicator 6, decline in effective open space). Figure 4(b) identifies areas with the largest decrease in effective open space in the Netherlands, Portugal, and Spain, in parts of Germany, Italy, and Ireland. Sprawl-typical strip or ribbon development along interregional highways become visible, especially in corridors between Warsaw and Berlin, Dresden and Kassel (Germany), from Nantes (northeast France), and in the Po river region in Northern Italy. We assume that mostly commercial and industrial land uses alongside main transportation corridors can be held responsible for the emergence of these ‘strip developments’. Amongst the highest ranking countries are certainly the ones that have experienced the highest growth in urban area (Portugal, Spain, Ireland). However, as the examples of the Netherlands and Belgium show, effective open space is more affected by additional growth where the country is already highly fragmented. Although the growth rate of urban areas in the Netherlands is below that in Ireland, Portugal, or Spain, the additional fragmentation is much higher. The same is true for Belgium where the growth of urban land was average compared with all other countries—the decline of effective open space, however, is amongst the highest. This highlights the value of larger patches of open space from an ecological point of view: although substantial in size, the urban expansions in Spain, Portugal, or Ireland are concentrated along the coast and around the main centres, while the remote areas remain largely undisturbed. In contrast, the widespread additions of urban areas across the countryside in the Netherlands and Belgium have an impact on a higher number of undisturbed habitats, thus adding up to a higher decline in effective open space.

This interpretation is further substantiated by the values of the Gini index (indicator 7) that measures the spatial concentration of new urban areas across a country. The lowest values—indicating an even distribution of urban growth throughout the country—can be found in the Netherlands, Belgium, Germany, Denmark, and Italy. From an urban sprawl perspective, the conclusion is that the concentration of new urban area does not impact on open space as much as an even distribution of urban growth. In other words, a highly unbalanced urban system with a large concentration of economic functions and population may not be desirable from an economic or social point of view, but does not exercise as much pressure on natural resources as a spatially balanced growth pattern.

### 3.3 Urban density

The last indicator (indicator 8 in table 2 and figure 5) in this overview shows how average national urban densities vary across the countries. It is important to note the difference in population density which measures the number of people per unit area of total land. The urban density indicator that was used here, in contrast, looks at the number of people per unit



**Figure 5.** Urban density (indicator 8, data source: 2001 Population Density Grid; 2009 FTS Soil Sealing Layer).

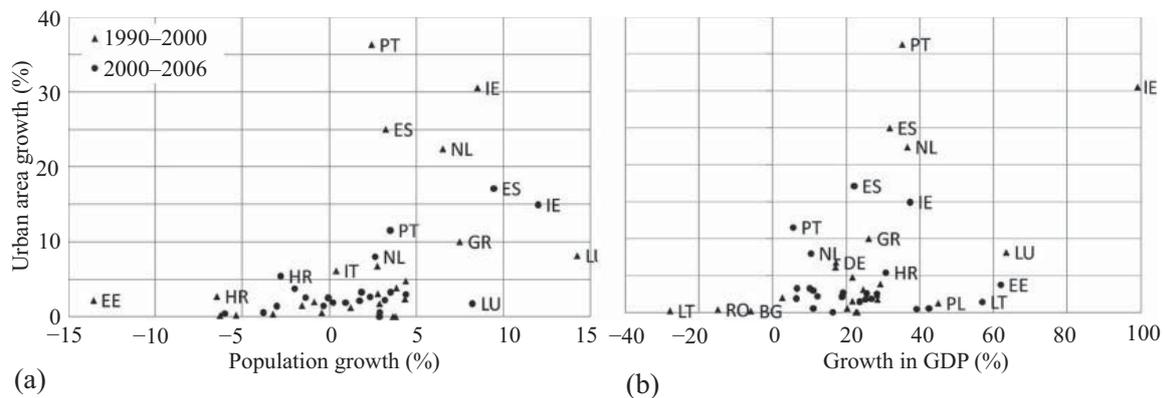
area of sealed land, which is a result of the spatial overlay of the population density grid and FTS Soil Sealing layer (see subsection 2.2).

In our sample Finland and Lithuania have the lowest values (fewer than 30 people per hectare sealed land), followed by Luxembourg, Latvia, and Ireland. These are countries with few densely populated cities; settlements in rural settings dominate the make-up of urban structures. In contrast, one would expect to find the highest values in countries with high urbanisation levels and a high share of large cities (Benelux, United Kingdom, Germany). Although such countries do have high densities (close to 50 people per hectare, see figure 5), some Mediterranean and Eastern European countries rank higher (Italy/Spain/Greece, Romania/Slovenia/Poland). The reasons are most likely of a cultural or political nature: some societies may have favoured compact and dense living forms over dispersed urban patterns throughout history, and urban sprawl has not, so far, changed this to any great degree.

#### 4 Discussion

In our view, the indicator results give a useful picture of the different dimensions of urban sprawl across Europe. We found substantial differences across countries and regions in terms of the intensity of urbanisation, the pace of urban growth, and the spatial pattern of land consumption. A detailed analysis of the possible drivers is beyond the purpose of this paper. However, we would like to present some initial thoughts on factors that we deem to be worthy for consideration in future research agendas on the topic.

First, and contrary to conventional wisdom, our findings suggest that population and economic growth rates are relatively poor estimators of urban growth. Figure 6(a) indicates a rather weak relationship between population and urban land-use change at country level. We see countries with modest population pressure or even a population base in decline where urban areas have expanded significantly (see also Kroll and Haase, 2010). This kind



**Figure 6.** (a) Growth of urban land area and population change (1990–2006) of EU member states and (b) growth of urban land area and change in GDP at constant prices (1990–2006, GDP at 2000 prices) of EU member states (data source: CORINE Land Cover and AMECO database).

of urban development, sometimes referred to as ‘sprawl without growth’ (see Nuissl and Rink, 2005; Schmidt, 2011) is a somewhat new phenomenon in the developed world and it is still not well understood. Only in some countries, like Ireland or Spain, does population growth seem to be an important driver of urban growth. Furthermore, our data shows that economic growth cannot fully explain the variability in land-consumption dynamics either [figure 6(b)]. Obviously, some countries were able to manage the impact of economic growth on land consumption (eg, Estonia/Lithuania, Poland) with a surprisingly low amount of urban expansion while others experienced relatively low GDP growth rates but high levels of urban growth (eg, Portugal in the 2000s).

Second, we assume that—at least to some extent—the national urban system can explain variations in spatial patterns of urban growth across countries. In countries that are demographically and economically dominated by their capital city or a few large cities urban growth occurred mainly clustered in central areas. This applies to countries like Austria, Ireland, Latvia, and the United Kingdom. In contrast, countries with a rather polycentric urban system such as Denmark, Germany, Italy, and the Netherlands experienced a more evenly distributed pattern of urban expansion. Closely corresponding to that, we also found different trends towards concentration and deconcentration of urban growth over time. In the majority of East European countries the legacy of socialistic housing policies is still visible in the form of above-average urban densities and a concentration of urban functions. Our data show that urban sprawl in these countries occurs around a few concentrated islands and axes of growth, which is in line with recent studies that report growing regional disparities in income levels and economic growth for most of the new member states of the European Union (Landesmann and Römisch, 2006; Molle, 2007). The opposite can be attributed to many West European countries where suburbanisation and counterurbanisation processes (Champion, 2001) resulted in a more decentralised and land-consuming pattern of urban growth.

Third, the administrative system and the public control over land-use change might be another potential causative factor explaining the spatial pattern of urban growth. As mentioned in section 2, many scholars claim that the institutional fragmentation of responsibilities for land-use planning favours urban sprawl. Germany’s spatial planning system—for example, is characterised by decentralised land-use governance with numerous local authorities controlling urban land use. This is likely to promote urban sprawl as it increases the number of jurisdictions seeking extrabudgetary revenue through land conversion to urban uses.

The size of local government units may also be important in other ways—larger entities may be less reliant on any one particular investor or project, and less vulnerable to the influence of individual landowners. In Germany and in countries with similar land-management systems,

---

fragmented responsibility structures in small local jurisdictions with a strong mandate for land-use planning are a major obstacle for initiatives that aim to control the area-wide and dispersed spatial distribution of new urban developments. Further research and comparable data on the relationship between institutional arrangements and urban sprawl are certainly necessary to substantiate any performance assessments of administrative systems with regard to land-use controls. Our observation from a German perspective, however, is that the distribution of political power among the territorial tiers of governmental systems and the strength of spatial planning policies and controls over land use play an important role for regional variations of urban growth. In this context, recent studies presented evidence for large intra-European variations in the implementation of growth control and development promotion policies that influence both land supply and land prices (eg, urban growth boundaries or greenbelts) (for an overview see Oxley et al, 2009; Tosics et al, 2010). Oxley et al (2009) found evidence that the degree of planning constraints has effects on housebuilding and urban growth. However, the significance of spatial planning as a causative factor for urban development is still controversial.

Fourth, physical and cultural factors may also be important in this context. In terms of the pattern dimension of urban sprawl we deem it important to reflect upon the indicator results with a solid understanding of the cultural and physical setting of a region. The wide variety of settlement forms across Europe has developed in the local environment under certain framework conditions (availability of agricultural resources and water, climate considerations, topography, etc) and have then been reshaped by growth pressures. Moreover, social preferences for certain housing types and neighbourhood characteristics may further explain national and regional variations in urban growth and urban form.

In summary we have to say that our discussion on the explanatory factors of cross-country differences in urban growth is not exhaustive. The lack of spatially disaggregated demographic and economic data for more than twenty countries and over longer periods of time (eg, at a NUTS 2 or NUTS 3 level) makes it difficult to employ more sophisticated methods to explain interregional variations in urban growth and land-use patterns (such as regression modeling). Moreover, comparative research on spatial planning policies and planning cultures in the European Union is still weak. Nadin and Stead (2008) rightly pointed out that mutual learning about the influence of planning on land use and urban form is constrained by the complexity of the socioeconomic, political, and cultural context of national planning systems. Such knowledge gaps further restrict a cross-country perspective on the drivers of urban land-use change.

## **5 Final conclusions**

Our empirical findings provide an insight into the rather confusing complexity of urban growth and its morphological shape across European countries. We found an unexpected variability with respect to the intensity of urban growth. In the last twenty years Europe's regions have demonstrated contrasting patterns of urban development and urban sprawl. So 'who sprawls most?' We hold that Europe's most sprawling countries in the 1990s and the first half of the 2000s were Ireland, Portugal, and Spain—not only with a view to their above-average urban growth rates but also in terms of changes in land-use patterns. We conclude that the observed cross-national differences cannot be explained solely by varying demographic or economic growth pressures. Quite the opposite, we found many empirical hints that, alongside socioeconomic factors, additional forces shape urban land use and land-use change. Among others, the national, regional, and local governance systems, the strength of land-use regulation or housing preferences could play decisive roles. Although it is not the aim of this paper to present an explanatory model of urban form or urban growth at a transnational level, our data provide a lot of empirical material in this direction. In this

context we suggest that future research on modelling urban growth and its causative forces take country-specific drivers of urban land-use change into greater account.

## References

- Ackermann W, Schweiger M, 2008, “F+E-Vorhaben Indikatoren für die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt—Bericht zur PAG Zersiedelungsindikator” [R+D project on the National Strategy on Biodiversity—report on the indicator for urban sprawl], PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH, München
- Alberti M, 2005, “The effects of urban patterns on ecosystem functions” *International Regional Science Review* **28** 168–192
- Angel S, 2011, “Making room for a planet of cities”, Policy Focus Report, Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, MA
- Angel S, Sheppard S C, Civco D L, 2005, “The dynamics of global urban expansion”, Transport and Urban Development Department, The World Bank, Washington, DC
- Arnold C L, Gibbons C J, 1996, “Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator” *Journal of the American Planning Association* **62** 243–258
- Batty M, Besussi E, Chin N, 2003, “Traffic, urban growth and suburban sprawl”, WP 70, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London
- Brueckner J K, Fansler D A, 1983, “The economics of urban sprawl: theory and evidence on the spatial size of cities” *The Review of Economics and Statistics* **65** 479–482
- Burchell R W, Mukherji S, 2003, “Conventional development versus managed growth: the costs of sprawl” *American Journal of Public Health* **93** 1534–1540
- Burchell R W, Shad N A, Listokin D, Phillips H, Downs A, Seskin S, Davis J S, Moore T, Helton D, Gall M, 1998 *The Costs of Sprawl—Revisited* (National Academy Press, Washington, DC)
- Burchell R W, Lowenstein G, Dolphin W R, Galley C C, Downs A, Seskin S, Gray Still K, Moore T, 2002, “Costs of sprawl—2000, Part A”, TCRP Report 74, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC
- Cervero R, Murakami J, 2010, “Effects of built environments on vehicle miles traveled: evidence from 370 US urbanized areas” *Environment and Planning A* **42** 400–418
- Champion T, 2001, “Urbanization, suburbanization, counterurbanization and reurbanization”, in *Handbook of Urban Studies* Ed. R Paddison (Sage, London) pp 143–161
- Doubek C, Zanetti G, 1999, “Siedlungsstruktur und öffentliche Haushalte” [Urban form and public finance], Schriftenreihe 143, Österreichisches Institut für Raumplanung, Vienna
- EEA, European Environment Agency, Copenhagen
- 2006a, “Urban sprawl in Europe. The ignored challenge”, report 10/2006
- 2006b, “The thematic accuracy of Corine land cover 2000”, technical report 7/2006
- 2011, “The European environment. State and outlook 2010. Land use”, technical report 1/2011
- Eid J, Overman H, Puga, D, Turner M, 2007, “Fat city: questioning the relationship between urban sprawl and obesity” *Journal of Urban Economics* **63** 385–404
- Einig K, Jonas A, Zaspel B, 2009, “Eignung von CORINE-Geodaten und Daten der Flächenerhebung zur Analyse der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland” [The suitability of CORINE geodata and area statistics for the analysis of urban and transport areas in Germany] *Wirtschaft und Statistik* issue 4, 355–364
- Ewing R, 1997, “Is Los Angeles-style sprawl desirable?” *Journal of the American Planning Association* **63** 107–126
- Ewing R, Pendall R, Chen D T, 2002, “Measuring sprawl and its impacts”, Smart Growth America, Washington, DC
- Ewing R, Schmid T, Killingsworth R, Zlot A, Raudenbush S, 2003, “Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity” *American Journal of Health Promotion* **18** 47–57
- Ewing R, Bartholomew K, Winkelman S, Walters J, Chen D, 2008, “Growing cooler: the evidence on urban development and climate change (executive summary)”, Urban Land Institute, Washington, DC
- Gallego F J, 2010, “A population density grid of the European Union” *Population and Environment* **31** 460–473

- 
- Galster G, Hanson R, Wolman H, Coleman S, 2001, "Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept" *Housing Policy Debate* **12** 681–717
- Glaeser E L, Kahn M E, 2003, "Sprawl and urban growth", Harvard Institute of Economic Research, Harvard University, Cambridge, MA
- Guérois M, Pumain D, 2008, "Built-up encroachment and the urban field: a comparison of forty European cities" *Environment and Planning A* **40** 2186–2203
- Herold M, Scepan J, Clarke K C, 2002, "The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses" *Environment and Planning A* **34** 1443–1458
- Huang J, Lu X X, Sellers J M, 2007, "A global comparative analysis of urban form: applying spatial metrics and remote sensing" *Landscape and Urban Planning* **82** 184–197
- Jaeger J, 2000, "Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation" *Landscape Ecology* **15** 115–130
- Jaeger J, Bertiller R, Schwick C, Cavens D, Kienast F, 2009, "Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: new measures of urban sprawl" *Ecological Indicators* **10** 427–441
- Ji W, Ma J, Twibell R W, Underhill K, 2006, "Characterizing urban sprawl using multi-stage remote sensing images and landscape metrics" *Computers, Environment and Urban Systems* **30** 861–879
- Kahabka H, Lucera L, 2008, "Delivery report European mosaic", 2006 GMES Fast Track Service Precursor on Land Monitoring, infoterra GmH, Immenstaad
- Kasanko M, Barredo J I, Lavallo C, McCormick N, Demicheli L, Sagris V, Brezger A, 2006, "Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas" *Landscape and Urban Planning* **77** 111–130
- Keil M, Bock M, Esch T, Metz A, Nieland S, Pfitzner A, 2010, "CORINE Land Cover Aktualisierung 2006 für Deutschland" [CORINE Land Cover update 2006 for Germany], Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. - Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum, Wessling
- Kroll F, Haase D, 2010, "Does demographic change affect land use patterns? A case study from Germany" *Land Use Policy* **27** 726–737
- Landesmann M, Römisch R, 2006, "Economic growth, regional disparities and employment in the EU-27", RP 333, Vienna Institute for International Economic Studies, Vienna
- Mieszkowski P, Mills E S, 1993, "The causes of metropolitan suburbanization" *Journal of Economic Perspectives* **7** 135–147
- Moglen G E, Kim S, 2007, "Limiting imperviousness. Are threshold-based policies a good idea?" *Journal of the American Planning Association* **73** 161–171
- Molle W, 2007 *European Cohesion Policy* (Routledge, Abingdon, Oxon)
- Naess P, 2007, "The impacts of job and household decentralization on commuting distances and travel modes. Experiences from the Copenhagen region and other Nordic urban areas" *Informationen zur Raumentwicklung* issue 2/3 149–168
- Nadin V, Staed D, 2008, "European spatial planning systems, social models and learning" *DISP* **172** 35–47
- Newman P, Kenworthy J R, 2006, "Urban design to reduce automobile dependence" *Opolis* **2** 35–52
- Nuissl H, Rink D, 2005, "The 'production' of urban sprawl in eastern Germany as a phenomenon of post-socialist transformation" *Cities* **22** 123–134
- Oxley M, Brown T, Nadin V, Lei Q, Tummers L, Fernández-Maldonado AM, 2009, "Review of European planning systems", Centre for Comparative Housing Research, De Montfort University, Leicester and OTB Research Institute, Delft University of Technology
- Priemus H, 2004, "Spatial memorandum 2004: a turning point in The Netherlands' spatial development policy" *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* **95** 578–583
- Priemus H, Louw E, 2003, "Changes in Dutch land policy: from monopoly towards competition in the building market" *Environment and Planning B: Planning and Design* **30** 369–378
- Razin E, Rosentraub M, 2000, "Are fragmentation and sprawl interlinked? North American evidence" *Urban Affairs Review* **35** 821–836
- Schmidt S, 2011, "Sprawl without growth in East Germany" *Urban Geography* **32** 105–128

- 
- Schneider A, Woodcock C E, 2008, "Compact, dispersed, fragmented, extensive? A comparison of urban growth in twenty-five global cities using remotely sensed data, pattern metrics and census information" *Urban Studies* **45** 659–692
- Schwarz N, 2010, "Urban form revisited: selecting indicators for characterising European cities" *Landscape and Urban Planning* **96** 29–47
- Schwepe-Kraft B, 2007, "Indikator zur Messung der Zersiedelung der Landschaft. Vorschlag eines einfachen, anschaulichen und zuverlässigen Indikators 'effektiver Freiflächenanteil' zur Messung der Zersiedelung der Landschaft" [Indicator for the measurement of urban sprawl: proposal for a simple, concise and reliable indicator 'effective share of open space' for measuring urban sprawl in the landscape], Bundesamt für Naturschutz, Bonn
- Siedentop S, 2005, "Urban Sprawl—verstehen, messen, steuern. Ansatzpunkte für ein empirisches Mess- und Evaluationskonzept der urbanen Siedlungsentwicklung" [Urban sprawl—understanding, measuring, controlling: starting points for an empirical measurement and evaluation concept of urban development] *DISP* **160** 23–35
- Siedentop S, Fina S, 2010, "Monitoring urban sprawl in Germany: towards a GIS-based measurement and assessment approach" *Journal of Land Use Science* **5** 73–104
- Speir C, Stephenson K, 2002, "Does sprawl cost us all? Isolating the effects of housing patterns on public water and sewer costs" *Journal of the American Planning Association* **68** 56–70
- Su Q, DeSalvo J S, 2008, "The effect of transportation subsidies on urban sprawl" *Journal of Regional Science* **48** 567–594
- Theobald D M, Miller J R, Thompson Hobbs N, 1997, "Estimating the cumulative effects of development on wildlife habitat" *Landscape and Urban Planning* **39** 25–36
- Torrens P M, 2008, "A toolkit for measuring sprawl" *Applied Spatial Analysis and Policy* **1** 5–36
- Tosics I, Szemző H, Illés D, Gertheis A, Lalenis, Konstantinos, Kalergis D, 2010, "National spatial planning policies and governance typology", PLUREL deliverable report 2.2.1, Metropolitan Research Institute, Budapest, and University of Thessaly
- Tsai Y-H, 2005, "Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'" *Urban Studies* **42** 141–161
- Ulfarsson G F, Carruthers J I, 2006, "The cycle of fragmentation and sprawl: a conceptual framework and empirical model" *Environment and Planning B: Planning and Design* **33** 767–788

***ANHANG B-6: FINA, S., ZAKRZEWSKI, P. & PLANINSEK, S. 2009. Suburban Crisis? Demand for Single Family Homes in the Face of Demographic Change. Europa Regional 17 (2009), 2-14.***

# Suburban Crisis? Demand for Single Family Homes in the Face of Demographic Change

STEFAN FINA, SIMONE PLANINSEK und PHILIPP ZAKRZEWSKI

---

## *English abstract*

In the former Western German states, a third of the single- or two-family houses – 22 percent of all dwellings – was built in the years from 1949 to 1978. Considering the lifecycle of this housing stock and current socio-demographic trends, the viability of affected neighbourhoods looks uncertain. Demographic processes like aging and population decline are well underway, albeit with some spatial variance. On top of the reduced demand for single homes caused by these processes, societal changes are also leading to new lifestyles that affect housing choice. Household structures are adapting to more diverse ways of living in today's society. The corresponding housing preferences have triggered an increased demand for urban living space, with a tendency towards concentrations around Germany's economic hotspots.

Neighbourhoods in regions of unfavourable demographic and economic conditions are facing these risks with particular significance. At the same time, problematic stocks are also present in certain sub-areas or municipalities of generally successful regions. On a local scale, there will be communities that benefit from these developments and others that will be negatively affected. On the regional and national scale, we expect islands of growth within shrinking regions, and vice versa. It is foreseeable that not only economically disadvantaged, but also above average performers will have to deal with difficult market conditions for an ever increasing vacant housing stock. Adverse settings like unsuitable locations, deficiencies in the structure, or excessive energy consumption of buildings, as well as the negative perception of a neighbourhood can add up to a compound of problems for an area. The worst case scenario would be a downward spiral of vacancies and abandonment, devaluation, deterioration and decline of an area – development paths that have so far been unheard of in the context of the single family home sector in Germany.

Our contribution starts off by conceptualizing the research matter: the social, demographic and economic root causes of the developments described above and the foreseeable consequences. For this purpose, we analyze the building and dwellings databases of the Federal Statistics Offices, and provide an overview over the magnitude and geographical extent of potentially affected housing stocks. An analysis of the present national housing stock provides the starting point for indicator-based modeling of risk areas on the municipal level in selected states. Finally, we raise the question on how to address these issues and conclude with some deliberations about possible strategies for urban renewal in peripheral single family home areas.

*Demographic change, housing stock, suburban development, single-family homes, real estate oversupply*

## **Zusammenfassung**

### **Suburbia in der Krise?**

#### **Auswirkungen des soziodemografischen Wandels auf die Einfamilienhausbestände**

In den alten Bundesländern ist jedes dritte Wohngebäude ein zwischen 1949 und 1978 errichtetes Einfamilienhaus – in diesem Gebäudebestand befinden sich 22 Prozent der Wohnungen Westdeutschlands. Die Einfamilienhäuser dieser Epoche werden zukünftig verstärkt von soziodemografischen Veränderungsprozessen betroffen sein, denn hier steht derzeit bzw. in den kommenden Jahren ein Generationenwechsel bevor. Allgemein vollzieht sich eine teilträumlich unterschiedlich ausgeprägte Schrumpfung und Alterung der Bevölkerung, infolgedessen sich das demographisch bedingte Potenzial für die Einfamilienhausnachfrage in den nächsten Jahren verringern wird. Zudem führt der gesellschaftliche Wandel zu qualitativen Veränderungen der Nachfrage. Die allgemeine Pluralisierung von Lebensmodellen und Wohnwünschen äußert sich in veränderten Haushaltsstrukturen sowie in der räumlichen Verschiebung der Wohnungsnachfrage zugunsten stärker verdichteter Räume, so dass urbane Wohnformen zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Besonders gefährdet sind Wohngebiete in Regionen mit ungünstigen demografischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Aber auch in prosperierenden Regionen kann es Teilräume oder einzelne Gemeinden mit problematischen Beständen geben. Bezogen auf einen lokalen Betrachtungsmaßstab bedeutet dies, dass sich unter den bestehenden Wohnquartieren eines Ortes Gewinner und Verlierer herausbilden werden, in regionaler und überregionaler Perspektive ist mit Wachstumsinseln in Schrumpfungregionen zu rechnen und vice versa. Es ist daher absehbar, dass nicht nur in Regionen mit ökonomischen Problemen sondern auch in wirtschaftlich erfolgreichen Bundesländern eine steigende Anzahl von Kommunen mit Vermarktungsschwierigkeiten im Eigenheimbestand zu kämpfen haben wird. Nachteile wie ungünstige Lageeigenschaften, bauliche oder energetische Mängel sowie Imageprobleme können sich zu gewaltigen Problemkomplexen potenzieren. Im ungünstigsten Fall drohen Leerstand, Wertverlust, Vernachlässigung und Verfall – Entwicklungen, die im Einfamilienhaussektor in Deutschland bisher weitgehend unbekannt sind.

Der Beitrag thematisiert die demografischen und sozioökonomischen Ursachen dieser Entwicklung sowie die sich daraus ergebenden absehbaren Konsequenzen. Auf Basis der Gebäude- und Wohnungszählung von 1987 wird ein Überblick über den Umfang und die geographische Lage der potenziell gefährdeten Bestände gegeben. Dazu wird eine kreisscharfe Bestandsanalyse auf Bundesebene sowie eine daraus resultierende gemeindeschärfte Modellierung in den ausgewählten Bundesländern vorgenommen. Zuletzt werden Fragen zum Umgang mit dieser Problematik aufgeworfen und erste Überlegungen zu den Möglichkeiten des Stadtumbaus in peripheren Einfamilienhausgebieten aufgezeigt.

*demografischer Wandel, Wohnungsbestand, suburbane Wohnquartiere, Einfamilienhäuser, Angebotsüberhänge*

## Introduction

In former West Germany, a third of the housing stock consists of single-family homes (SFHs) built between 1949 and 1978, amounting to 22 percent of all dwellings. Today, considering the life-cycle of these buildings and current socio-demographic trends, their viability looks uncertain. As the population ages and birth rates decline, demand for SFHs wanes as well. In addition, different lifestyle choices among the newer generations are leading them to prefer different types of housing.

Suburban and rural areas, which present unfavourable economic conditions compounding the effects of these socio-demographic trends, may bear the brunt of this wave of obsolete housing. Even in generally successful regions, there exist pockets that will suffer disproportionately from these trends. Indeed, some areas are characterised by a dichotomy of growth and shrinkage, sometimes in close vicinity. On the local scale, some communities will benefit from these developments even while others are negatively affected. Therefore, not only economically disadvantaged regions, but also those with high growth rates like the state of Baden-Württemberg, should expect to adjust to the decline in demand for SFHs and a rise in vacancy rates.

SFHs are generally privately owned and owner-occupied, which limits the ability of national and local policymakers, as well as the real estate market, to address the problem. In addition to processes of deflation and devaluation of vacant buildings, the effects could extend to infrastructure service provisions in these areas. As these areas already possess relatively low building and population densities, the efficiency of these systems will be further reduced with depopulation. In some municipalities, demand for housing is currently still high. However, building activities to meet that demand will only add to the long-term oversupply caused by changing demographics. Although the general trends are well known, short-term planning and economic interests tend to obscure awareness of their effects on the local level, which will be damaging from a variety of perspectives, including ecological, economic, social and urban development.

In sum, the key objective of this study is to comprehensively assess the risks

and challenges that post-war<sup>1</sup> SFHs areas will face in the coming decade, and to open the discussion of how to deal with these issues. We discuss strategies of revitalisation, conversion, or demolition – not only for the housing stock in question but also for the urban areas they occupy.

## Background

The analysis of urban development in general and changes to the building stock in particular is an important aspect for the understanding of future housing market and housing policy challenges. In this context, the built environment can be seen as a form of “materialised memory”, inherited from previous societies. Due to the persistence of urban structures, we are obliged to manage the existing urban fabric even if parts of these structures and buildings are not suitable for current needs. For example, 20<sup>th</sup> century urban growth has been unprecedented in speed, scale and scope, leading to massive suburbanization in the light of seemingly inexhaustible fossil fuels and unlimited automobility. Tomorrow’s society inherits the task to adapt the resulting urban structures to different circumstances. Not only rising energy prices and the need to reduce emissions indicate that restructuring will be inevitable: changes to the social, demographic and economic environment will play a role as well. Some researchers argue that the development towards a “knowledge economy” will strengthen the development of core cities and city regions (cf. BÜRKNER 2007; HÄUSSERMANN, LÄPPLÉ U. SIEBEL 2008; SIEDENTOP 2008). If these predictions hold true, many suburban locations and peripheral regions are likely to be affected negatively.

Looking at the wider historic background it can be said that postwar urban development in West Germany was subject to many different influences at the time when the houses were built. In the years following World War II, reconstruction and reduction of housing shortages was given top priority (HARLANDER 1999, p. 235 et sqq.). During that phase, small housing estates (in German “Kleinsiedlung”) characterised by tiny houses were often complemented by small animal stables and a kitchen garden for self-sufficient food produc-

tion (ibid., p. 261 et sqq.). Later, growing affluence and social advancement led to changes in housing requirements, and eventually became manifest in an enormous expansion of single family housing areas during the 1960s and 70s.

There are various factors that influenced the trend towards living in suburban single family homes (SFHs). It remains uncertain whether or not the American dream of owning a house and driving a car had a major impact. What we know for sure is that clerical-conservative circles have been committed to the idea that homeownership of broad levels of the population was the best remedy to resist communist seduction. In this context, the promotion of homeownership has been an important pillar of West German housing policy from the very start (ibid. 1999, p. 264; 274). Apart from the aspects of cold-war politics, social trends like the wish for privacy and owning a house as a symbol of success gained importance as well.

In addition, great influence on urban development can be attributed to the liberal and democratic social system. A comparison between East and West German urban development prior to the reunification clearly demonstrates the impact of free market factors on the extent of suburbanization. The liberty to choose the place of residence, in combination with the strong autonomy of municipalities in terms of land use planning, results in competition between cities and territorial authorities for inhabitants. In contrast, only selected cities and towns of the GDR were being developed, according to the national (economic) planning policy. High-density housing estates formed a new edge of the still compact cities. The remaining towns and villages had been excluded from any considerable urban development. Apart from high-density developments in West German core cities, urban growth of this period was characterised by low density housing estates as well, spreading throughout the country, from the biggest city to the most remote village. As a result of increasing land consumption for housing, industry and infrastructure, many of the more prosperous regions gradually turned into sprawling urban agglomerations (cf. SIEVERTS 1998). Alonso revealed the inherent logic of urban housing markets in 1964 when he described the choice of residential location as a means of optimising cost-

<sup>1</sup> In the context of this paper, the term “post-war period” refers to the years 1949 to 1978.

benefit-balance. He assumed that people generally seek to live in central locations but have to balance their desired standard of housing against the costs of land and transport. Due to a convex land price curve with the highest land prices near the city centre, residential land use tends to shift from the core to the fringe or even more remote locations (MAIER u. TÖDTLING 2006, p. 129 et sqq.).

In summary it can be said that the processes described above clearly correspond with the so called “cyclical urbanisation model” which classifies four distinct stages of urban development: urbanisation, suburbanisation, deurbanisation, and reurbanisation (VAN DEN BERG et al. as cited in MAIER u. TÖDTLING 2006, p. 159 et sqq.; SIEDENTOP 2008). The phase of suburbanisation is characterised by a decrease of inner city population, and at the same time population growth in first tier suburbs. The single family housing areas of the 1960s and 1970s represent the major constituent of post-war West German suburbanisation. During the 1980s and 90s suburbanization reached its peak and started to decrease. The following phase of desurbanisation saw a continued loss of attractiveness for both inner cities and suburban areas. Population growth in this period took mainly place in remote locations, partly outside the city regions. More recently, signs of an incipient transition towards reurbanisation have been recognized, suggesting that the stage of desurbanisation is phasing out (SIEDENTOP 2008). If the reurbanisation trend is going to last – although comprehensive evidence is not available at present – many suburban single family housing areas are likely to experience additional negative impacts on population numbers and attractiveness in general, some may face accelerated decline.

It is clear that this model cannot be simply applied to the general urban development in Germany. Instead, it needs to be explored in the context of a spatial differentiation of the problem dimensions and current challenges.

For example, there is ample evidence that demographic change will affect all sectors of German society in the coming decades. In particular, the population of former East Germany is aging and declining at such a high rate that vacancies in the housing sector have already become a serious issue. In response, the national government has launched a 2.5 billion Euro programme to restructure

urban forms (in German: “Stadtumbau Ost”) that is set to run from 2002 to 2009 (Bundestransferstelle Stadtumbau Ost 2009). It is designed to stabilize the housing market through building demolition and urban renewal (HÄUSSERMANN et al. 2008, p. 206).

During the period of the German Democratic Republic (GDR), private residential development was strictly limited. As a result, today’s housing oversupply there predominantly concerns rental housing. In Western Germany, on the other hand, the SFH housing stock is largely privately owned. Further, much of this region is still feeling the effects of the population influx from former East Germany and from abroad, as well as the higher birth-rates among immigrant populations. Despite this general population growth, socio-demographic change is still causing housing oversupply in some Western German regions (BMVBS/BBR 2008b). Consequently, from 2002 to 2007, the German federal government initiated a 30 million Euro Western counterpart to its Eastern urban renewal scheme (in German “Stadtumbau West”) as a pilot project (BUNDESTRANSFERSTELLE STADTUMBAU WEST 2009).

The following data illustrates the factors that will cause this increasing oversupply of low-rise housing. Assuming that first-time home buyers are usually aged between 25 und 45 (PALOTZ 2004, p. 25), those who bought their houses during the 1950s, 1960s and 1970s belong to the birth cohorts 1905-1935, 1915-1945, and 1925-1955. Assuming further that owner-occupiers stay in their SFH until the age of 85, periods of ownership change are due to take place between 1990-2020 for buildings constructed during the 1950s, between 2000-2030 for houses built during the 1960s, and between 2010-2040 for SFHs from the 1970s.

Part of the group of homebuyers mentioned above was born during the baby boom of the Nazi-era. The high number of births that followed between 1955-1970 is labelled the „demographic echo“ of this baby boom. After 1970, the number of births dropped dramatically, on the one hand because of the smaller size of the following parent generation, on the other hand due to decreasing birth rates. As a result of the trend towards one-child families and childlessness, the fertility of the population of West Germany dropped far below replacement

level. Regarding the reuse of 1950s-1970s SFHs, much of the housing demand generated by the post war baby boomers has already been met by new SFH construction during the 1980s-1990s. Hence, potential buyers of second hand property will mainly belong to the following post baby boom generation.

This generation is not only characterised by its relatively small size, but also by an increasing socio-cultural differentiation, expressed by a larger variety of living arrangements and family forms. The decline of the nuclear family and the corresponding growth of single person, single parent and dink (“double-income-no-kids”) households have reduced the attractiveness of SFHs compared with urban dwellings (HÄUSSERMANN 2007). It can therefore be expected that the amount of second hand SFHs will far exceed the number of potential buyers in the near future.

Nevertheless, single-family housing oversupply is not expected to appear all over the country. Instead, prosperous regions will continue to experience housing shortages for the foreseeable future. There is a risk that certain single family housing areas will turn into segregated neighbourhoods for the poor and underprivileged. Structurally weak areas are also more likely to suffer from a drop in demand. These include old industrial or disadvantaged rural regions, which are already seriously affected by out-migration and an aging population (BMVBS/BBR 2008b). Particularly buildings in “unfavourable” residential locations or neighbourhoods with image problems are at risk of vacancies, especially if they are poorly insulated and of low quality construction. Among other things, unfavourable locations are characterised by poor public transport connections, as well as a lack of job opportunities and community facilities (HESSE u. SCHEINER 2007). Disadvantages of old homes may include cramped space as well as costly and time consuming garden maintenance. In combination, these factors can cause a resale problem and a downward spiral of underutilization, vacancies and decline.

The viability of affected neighbourhoods depends on strategies to upgrade the second hand housing stock for the requirements of a new generation, including all aspects of a changing real estate market. These strategies will have to aim at a comprehensive consolidation of resi-

dential properties, including the demolition of SFHs where necessary. Otherwise entire areas run the risk of abandonment, deterioration and devaluation. Previously, urban renewal focused on densely populated urban settings. In the future, it will also take place in suburban and rural areas. Ownership patterns in these areas pose a particular problem. As a result, a large number of private homeowners will have to collaborate to find viable solutions (KARSTEN et al. 2007).

A review of the relevant literature reveals how controversial the implications of socio-demographic change for the single family housing stock continue to be. Recent housing market outlooks present conflicting forecasts of medium term SFH demand in Germany. On one hand, the authors of the study "Economy and Housing in Germany" (in German "WIRTSCHAFT UND WOHNEN IN DEUTSCHLAND") conclude that continuous household growth will result in high demand for SFHs throughout Germany until 2020. In this view, the SFH market would not become saturated until at least 2020 (SIMONS et al. 2005).

On the other hand, a real estate outlook for 2020 published by the Federal Office for Building and Spatial Planning (in German „WOHNUNGSPROGNOSE 2020“) expects decreased demand for SFH from 2010 onwards, due to demographic change (BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG 2006). A regional survey on "Housing Supply Reactions to Changes in Housing Demand in North Rhine-Westphalia until 2025" (in German "VERÄNDERUNG DER WOHNUNGSNACHFRAGE UND REAKTION DES WOHNUNGSANGEBOTS IN NORDRHEIN-WESTFALEN BIS 2025") reveals that the supply of SFHs for resale will exceed total SFH demand by the year 2013 (which includes that for both new and resale homes). According to these figures, theoretically there would be no need to built new SFHs in NRW<sup>2</sup> after 2013 (MÖLLER 2006). However, recent variations in real estate prices indicate that the level of demand varies between regions, and that these differences will become more pronounced in the future.

A range of journal articles provide a more general social sciences perspective. They focus on the effects of social

change, as well as new family and living arrangements, on SFH neighbourhoods. One author points out that families might prefer urban to suburban or rural living because of advantages like centrality, a wider variety of services and facilities, increased mobility with public transport, and the resulting efficiency gains. This is especially important for single parents and families where both parents work (HÄUSSERMANN 2007).

According to other authors, automobile dependency will become a major disadvantage of suburban and rural SFH areas in the future (HESSE u. SCHEINER 2007). With the population aging, this phenomenon will be exacerbated. With old age, residents will suffer from reduced mobility and be less able to live in peripheral areas. Though advances in health and transportation are expected to extend the driving fitness of people to an older age in the future, the problems associated with aging (loss of vision, limited mobility, decreasing social networking) will merely be postponed. In sum, suburban and rural life will eventually present marked inconveniences, in particular when access to services is restricted to automobiles (OELTZE u. BRACHER 2006). Other disadvantages are road traffic related air pollution and traffic noise – issues that used to be exclusively inner city problems.

A third type of relevant literature is comprised of recent case studies of the aging SFH districts in several Western German cities. These focus on socio-demographic dynamics for different types of dwellings and residential areas, analysed for the various stages in the neighbourhoods' lifecycle (TEMPLE 2005; FEIFEL 2007). They also present some strategies designed to deal with SFH areas facing an uncertain future. We will elaborate on the applicability of these findings later on in this article, particularly in light of the results of the empirical analysis.

### Methodology

The key objective of the chosen methodology was to identify risk areas for the aging SFH housing stock. The concept of the study is based on two different scales of observation: the counties of all former Western German states and the municipalities of four selected Western German states (Lower Saxony, North Rhine-Westphalia, Rhineland-Palatinate and Baden-Württemberg). The aim of this

approach is to identify scale-dependant characteristics. It is also the method best suited to the data available: comparative data on SFH building age exists for the 328 former Western German counties. A complete set of disaggregated statistics on housing, demography and land use can be obtained for about 4.800 municipalities in the four selected states. Housing data, however, only contained building age for all buildings, but not specific data differentiating between single-family and other housing forms.

First, at the "big picture" scale, the study uses the county data to show the spatial variation of the post-war SFHs, and the underlying structural conditions ('county type') as defined by the Federal Office for Building and Spatial Planning. The resulting maps will be discussed in the "Empirical Results" section. In the second step, a detailed analysis of municipality data uses a multi-criteria approach to provide a comprehensive risk assessment<sup>3</sup>. The criteria are built around the three topics: "housing", "demography", and "land use." They represent the problem dimensions described in the "Background" section: the aging housing stock ('housing') in the context of demographic change ('demography') and the adverse effects of a suburban setting ('land use').

Table 1 shows the measures that were used to quantify these problem areas. Reading from left to right, the first column shows the 'topics' that potentially influence an areas configuration in terms of the problem description. From these, relevant indicators have been extracted (please see table 3 for more details on relevance). The corresponding implementation for database calculation can be seen in column three. For the statistics on building age (post-war building stock) the year 1987 in column four represents the time when this particular database was established through surveys, all other years refer to the year for which the data is valid.

Building, population, and land use data were obtained from the Federal Statistics Offices. The accessibility indicator was calculated using GIS, based on average driving times for the national and regional street network to the near-

<sup>2</sup> Nearly a quarter of the West German housing stock is located in North Rhine-Westphalia, Germany's most densely populated state.

<sup>3</sup> The risk assessment described in this section was adopted from the methods developed by Berke et al (2003, pp. 188).

## Indicator development for risk assessment

Topic	Indicators	Operationalisation	Year
Housing	Structure of the building stock	Percentage of post-war single home building stock (of today's buildings)	1987, 2004
	Household size proxy (pop / dwelling stock)	Number of people per dwelling	2004
		Change in household size proxy	1996-2004
Demography	Population	Population change	1996-2004
	Age structure	Percentage of people over 65	2004
	Migration	Balance of migrants aged 25-50, as a percentage of total population	2004
Land use	Density	Urban density	2004
		Change in urban density	1996-2004
	Centrality	Distance (driving time) to nearest high order central place (over 100 000 people only)	2007

Tab. 1: Indicator development for risk assessment  
Source: own design

est 'High Order Central Place'. This is a term used to categorise urban areas for planning purposes. These places are defined in the regional development plans of state governments. The street network was sourced from the Federal Office of Geodesy and Cartography.

Due to the vast differences in area, municipality statistics were aggregated to a uniform grid of cells (5 x 5 km) using area-weighted transformation routines in a GIS. For further analysis, the resulting set of cells was classified into 'urban core', 'densely urbanised', and 'rural' areas according to the high level spatial classification of the Federal Office for Building and Spatial Planning. This distinction was necessary to differentiate between the levels of urbanisation in the subsequent risk assessment. Here, all indicator values were compared to the average of their class (for example: urban density compared to the average urban density of all cells in the 'urban core' class). An indicator was considered to add to the risk when its value was above the average (land use and population variables) or below zero (migration balance). A higher weighting (5 x) was applied to the key variables 'share of post-war buildings' and 'share of SFHs', since they are the focal points of this analysis. As a result, each cell received an accumulated risk value, ranging from 0 to 20.

The visualisation of these values uses three classes: high risk (values 15 and above), medium risk (values 10 to 15), and low risk (lower than 10). An additional distinction was made for the post-

war building periods (1949-1957, 1958-1968, 1969-1978) to allow for a more detailed timing assessment for the calculated risk. The results of this analysis will be discussed in detail later on.

### Empirical results

Table 2 gives an overview of the total number of post-war buildings that will potentially be affected by the problems described in the "Background" section. For each of the former Western German

states it shows the number of buildings in 2005 (column 2), the number of SFHs for the construction periods 1949-1957, 1958-1968, and 1969-1978 (columns 3, 4, 5), their sum (column 6) and the proportion of post-war SFHs of today's total building stock (column 7). In terms of former Western Germany's total, the significance of post-war buildings and SFHs is obvious: of 14.8 million buildings, 9.3 million are SFHs. A further breakdown by building age shows that from these, 36 % were built in the post-war period from 1949 to 1978. Although the level of construction activities differs across the states, the general trend is that construction of SFHs intensified in the years after 1957.

The city-state of Berlin shows a striking difference. There, the post-war SFHs comprise a significantly lower proportion of today's building stock (see column 'share of total'). This is certainly an effect of the unique development constraints Berlin experienced in that time.

Figure 1 (left) is a map showing the spatial variation of post-war SFHs for the former Western German counties. In order to put the distribution into context, the corresponding map on the right of figure 1 allows for comparison with the (highest level) county classification of the Federal Office for Building and Spatial Planning. Although the SFH is not a

## Building statistics for former Western German states 1949-1978

State	Number of buildings [thousands]					Share of total [%]
	Total 2005	Single family homes				
		1949-1957	1958-1968	1969-1978	1949-1978	
Baden-Württemberg	2 262	187	307	289	783	35
Bavaria	2 834	223	401	410	1 034	36
Berlin	307	6	15	15	37	12
Bremen	132	14	18	12	44	33
Hamburg	233	26	33	15	74	32
Hesse	1 295	112	198	187	497	38
Lower Saxony	2 031	182	348	317	848	42
North Rhine-Westphalia	3 585	334	485	426	1 244	35
Rhineland-Palatinate	1 097	86	150	134	370	34
Saarland	295	42	45	33	120	41
Schleswig-Holstein	724	63	107	102	272	38
<b>Germany (West)</b>	<b>14 795</b>	<b>1 276</b>	<b>2 107</b>	<b>1 939</b>	<b>5 323</b>	<b>36</b>

Tab. 2: Building statistics for former Western German states (in thousands)  
Source: State Office of Statistics Baden Württemberg, on behalf of the Federal Statistics Offices of the former Western German states

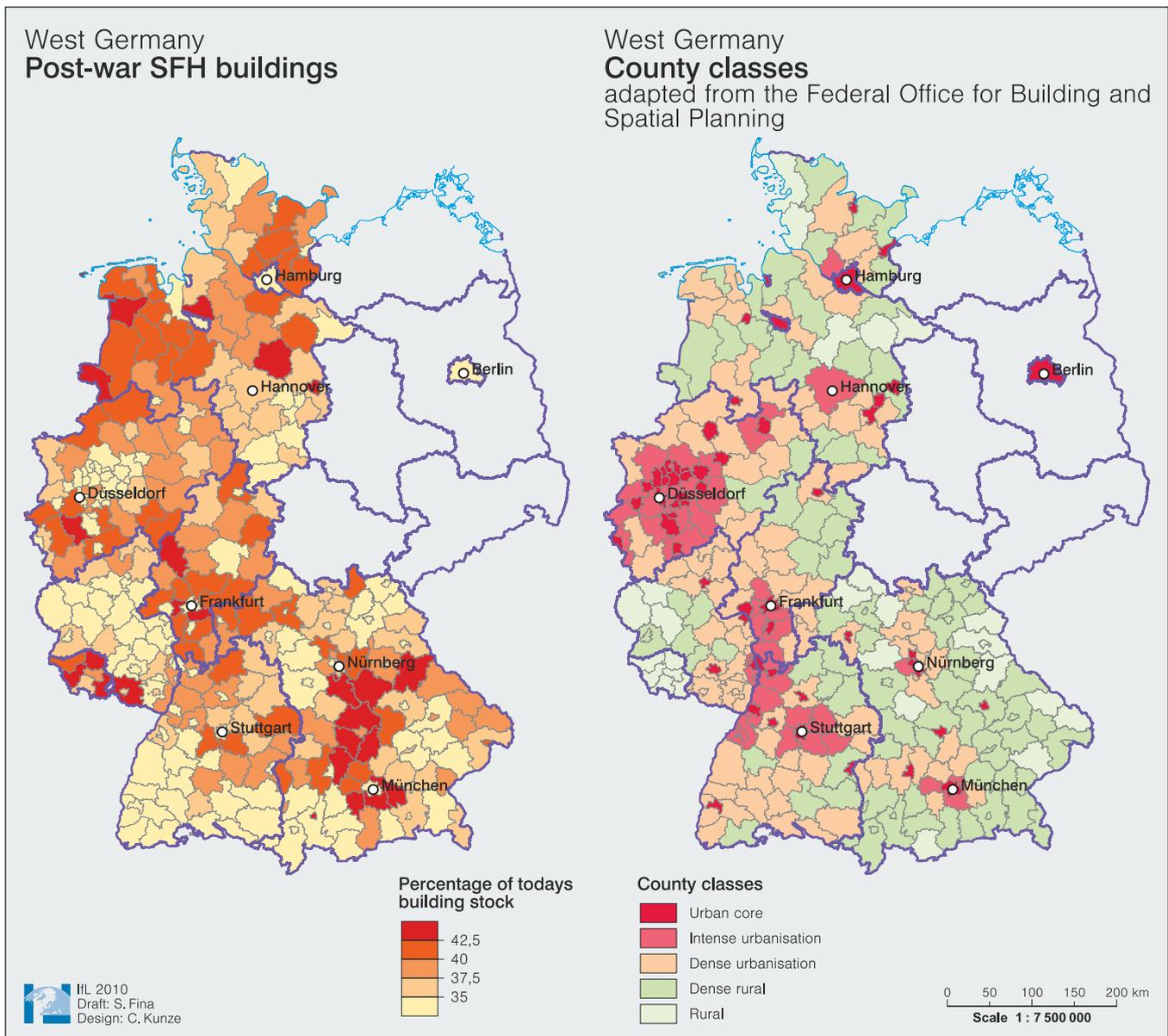


Fig. 1: Left: Post-war SFH buildings (% of today's building stock); Right: County classes adapted from the Federal Office for Building and Spatial Planning

Data source: State Office of Statistics Baden Württemberg, on behalf of the Federal Statistics Offices of the former Western German states (SFH data), Federal Office of Cartography and Geodesy Frankfurt (counties), Federal Office for Building and Spatial Planning (county classification system)

housing form known for high occupancy rates, the highest shares (40% and above) can predominantly be found in counties described as densely and intensively urbanised, with the notable exception of some denser rural areas in central Bavaria and north-western Lower Saxony. Urban cores, however, have distinctively low shares of SFHs of the post-war years, which is due to the land constraints in urban settings, where more efficient housing forms dominate.

This initial result can be interpreted as an effect of the SFHs being the stereotypical housing form of suburban development, which has mostly taken place in the vicinity of highly urban-

ised developments. However, the result must also be seen in the context of the aggregation level on the county scale, where the co-existence of suburban and highly urbanised housing forms produces comparatively high average densities. The exceptions of central Bavaria and north-western Lower Saxony show that SFHs of the post-war era can also be found in rural counties. In essence, the results indicate that a more disaggregated view of the interaction between urbanisation levels and building age is required.

As explained in the "Background"-section, this interaction is built around the topics of housing, demography, and

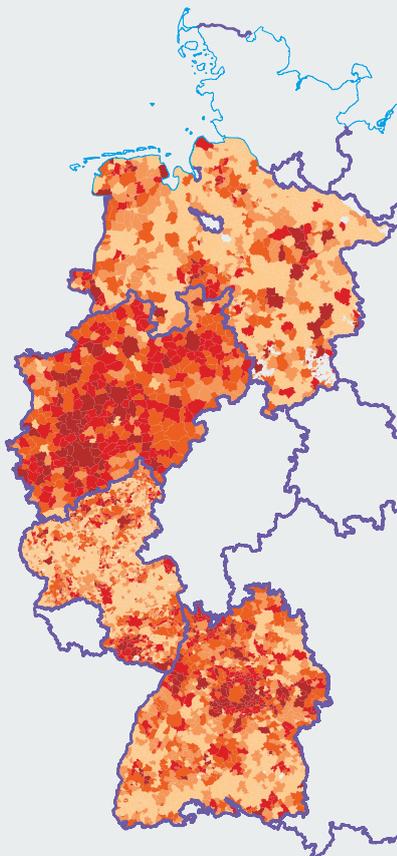
land use for the municipalities of four selected states (Lower Saxony, North Rhine-Westphalia, Rhineland-Palatinate, Baden-Württemberg). The map in figure 2 illustrates the added value of the disaggregated view with one representative for each 'topic' (please refer to table 3 for the full list): on the left hand side, the map shows the same data as figure 1 (left, share of post-war buildings), this time for municipalities. Although this data does not contain the split between SFH and other housing forms, the map clearly shows the high proportion of post-war buildings in the suburban surrounds of the large agglomerations (Rhine-Ruhr area, around Stuttgart) on the one hand,

Selected West German federal states (Länder)  
**Selected indicators used in the multi-criteria risk assessment**

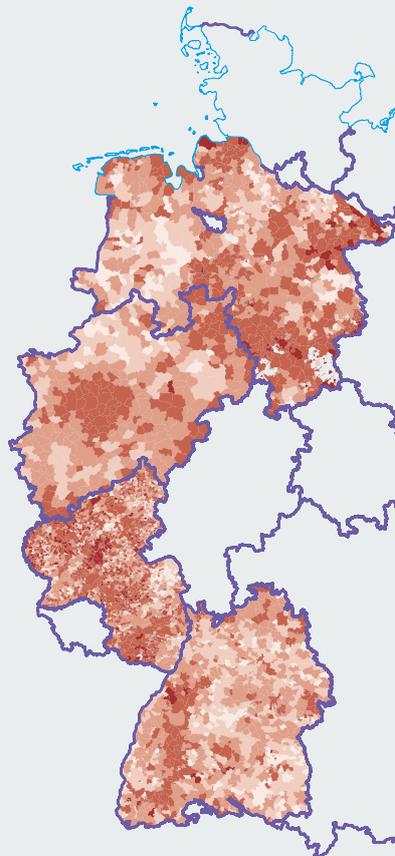
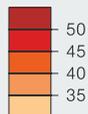
Post-war buildings

Aging index

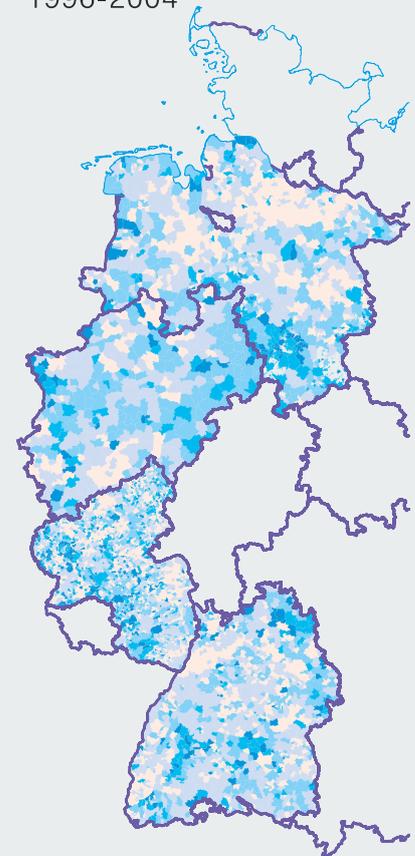
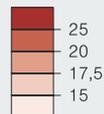
Change in urban density  
 1996-2004



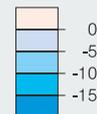
Post-war buildings as percentage of today's building stock



Percentage of population aged 65 and above



Percentage of change in urban density



IfL 2010  
 Draft: S. Fina  
 Design: C. Kunze

0 50 100 150 200 km  
 Scale 1 : 7 500 000

Fig. 2: Selected indicators used in the multi-criteria risk assessment

Data source: State Office of Statistics Baden Württemberg, on behalf of the Federal Statistics Offices of the former Western German states (Post-war buildings), Statistik lokal 2008 CD (statistics data on population, population age and land use, published by the Federal Statistics Office), Federal Office of Cartography and Geodesy Frankfurt (municipalities)

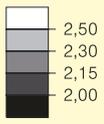
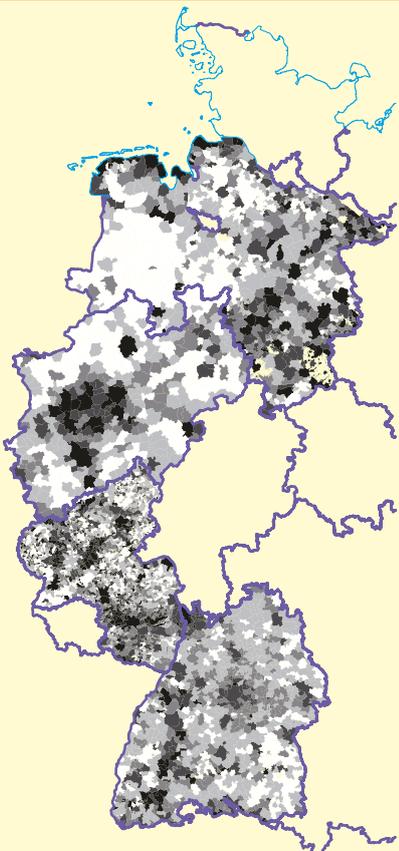
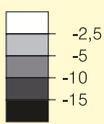
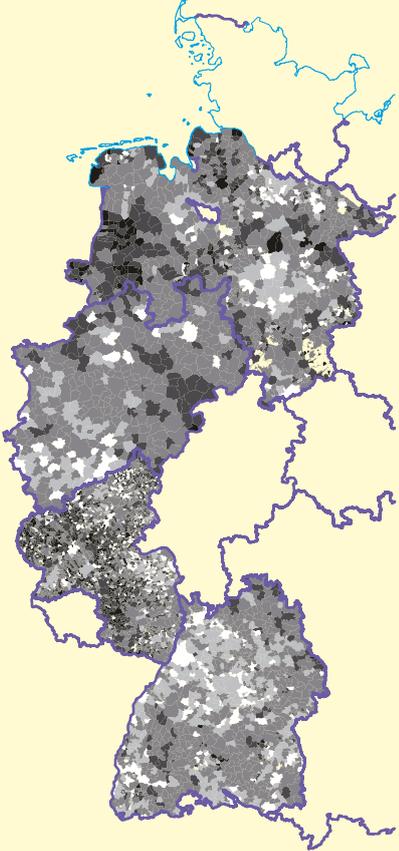
and in rare but distinct concentrations of some remote areas on the other.

This distribution is the starting point for the argument that suburban areas around agglomerations and similar developments around small cities in the periphery face a comparatively high risk of the potential problems caused by demographic change. In order to substantiate the term 'potential' in this context, representative criteria for demography and land use are shown in figure 2 as additional risk factors. The map in the centre shows the distribution of the aging index which is a good indicator for the

progress of demographic change on the local level. Generally it can be said that in municipalities with a higher proportion of people aged 65 and above the rate of vacancies in the SFH housing stock is more likely to become problematic in the future (see central map in figure 2). This is particularly the case in southern Lower Saxony, also in the northeast of Lower Saxony, in the old industrial centres of North Rhine-Westphalia, throughout Rhineland-Palatinate and in remote parts of Baden-Württemberg (Black Forest).

Figure 2 (right) maps out the decline in urban densities, an indicator that

shows where demographic change has progressed to levels that causes densities to drop. Another reason influencing the dynamics could be that new low density residential areas have been developed, resulting in lower average densities. The effect is the same, and visible throughout the mapped states: black and the different shades of grey mark decline (negative values), i.e. in 2004 fewer people were using public services and technical infrastructure than in 1996. This effect can be interpreted as a risk for the viability of the affected areas – following the logic that urban services in general depend on

Summary of indicator results ( = inputs for risk assessment)	
Measure / Relevance	Map overview
<b>Share of post-war SFHs</b> <i>See text</i>	<i>See figure 2 left</i>
<p><b>Number of people per dwelling (as a proxy for household size)</b></p> <p>Higher values indicate more efficient resource use, but also more options in terms of ownership transfer of the dwelling to the next generation. The values are low (black and dark grey) in and around the urban centres, but also in areas that are affected by depopulation (see below).</p> 	
<p><b>Change in number of people per dwelling</b></p> <p>Shows the dynamics of the measure above. Declining values indicate that people are moving out of an area, or that demographic change has progressed to a level where population decreases. Black and the different shades of grey indicate decline in the graphic.</p> 	

ifL 2010  
 Draft: S. Fina  
 Design: C. Kunze

Tab. 3: Summary of indicator results (= inputs for risk assessment)

Data source: State Office of Statistics Baden-Württemberg, on behalf of the Federal Statistics Offices of the former Western German states (Post-war buildings), Statistik lokal 2008 CD (statistics data on population, population age and land use, published by the Federal Statistics Office), Federal Office of Cartography and Geodesy Frankfurt (municipalities, street network for accessibility calculations), Federal Office for Building and Spatial Planning (central place hierarchy)

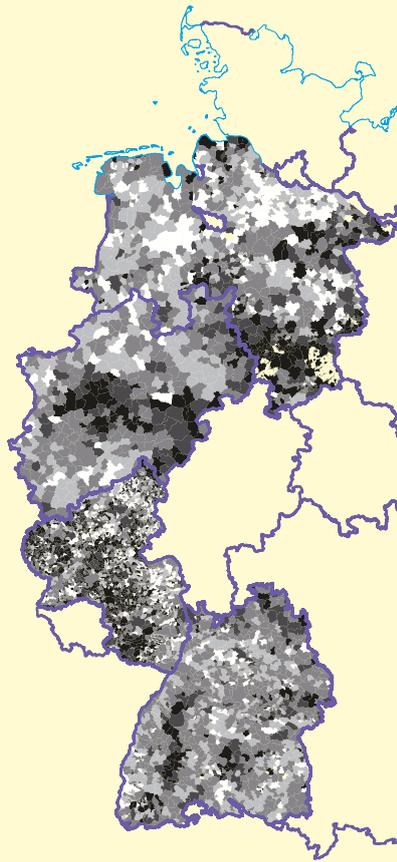
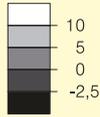
funding from taxes, which in turn relies on a stable density of economically active people. Table 3 summarises the results for the remaining indicators that have been extracted for input into the risk assessment. The graphic overviews of the maps are designed to show higher risk areas in darker shades of grey. It also elaborates on the relevance of each measure in terms of 'risk'.

Figure 3 shows the results of the risk assessment for each of the three post-war periods. Since the method required homogeneous spatial units, the map layout uses shades of orange and red for 5x5 km cells of the selected states. Red illustrates areas where the risk factors added to 15 points or above (out of 20), orange shows where the risk lay between 10 and 15 points. The only risk factor that changes for the time periods shown is the share of post-war SFHs, representing a distinct ten year period. All other variables are constant for this assessment. A number of risk areas can be identified for all three periods, namely in south-central Baden-Württemberg, in southern Rhineland-Palatinate, to a lesser degree in northern Rhineland-Palatinate, north of Düsseldorf, and in the central area of Lower Saxony bordering North Rhine-Westphalia. The northern parts of Lower Saxony show more risk areas for buildings constructed in the 1948-1957 period, the north-eastern part also for buildings constructed during 1969-1978. In contrast, Rhineland-Palatinate is generally more affected for buildings constructed in the period 1958-1968, indicating that suburbanisation processes were comparatively high in this time.

In sum, the multi-criteria evaluation implemented here has proved to be suitable to highlight and identify risk areas for the future attractiveness of suburban neighbourhoods characterised by SFHs of the post-war era. Although the method successfully shows high-risk probabilities for some areas, it is certainly not suitable to claim that the same problems could not arise elsewhere.

### Population change

Basic measure for the population dynamics in an area. Some areas are still gaining people (light grey), whereas losses of 2.5% and more (black) are visible for example in the old industrial areas of North Rhine-Westphalia, in southern Lower Saxony, and in rural Baden-Württemberg (Black Forest).

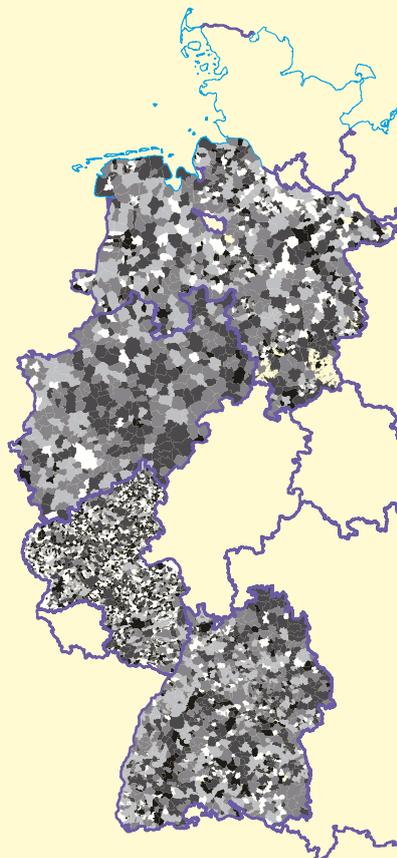
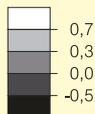


Percentage of people over 65 See text

See figure 2 centre

### Balance of migrants aged 25-50, as a percentage of total population

People moving in and out of an area in the age bracket of potential buyers for vacant SFHs. Darker shades of grey reflect the imbalance – outmigration is greater than the number of new arrivals for people of this age group.



IFL 2010  
Draft: S. Fina  
Design: C. Kunze

### Potential strategies

The main challenge in strategy development is the communication of theories and results from empirical research into the planning practice of local government. Usually, indicators like the aging of the residential population, population density and land use are not monitored comprehensively in small municipalities. The focus is on new residential developments, and planners in local government are not fully aware of the problems demographic change holds in store for the future. It is therefore timely and prudent that local authorities redefine their role in this context. Planners need to take on a leadership role and proactively get involved with new planning policies that address the realities of demographic change. The policies need to be coordinated with long-term sustainable development objectives, and strategic opportunities to plan for an aging population need to be seized upon as and when they occur – whether for new communities or existing ones (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT 2007).

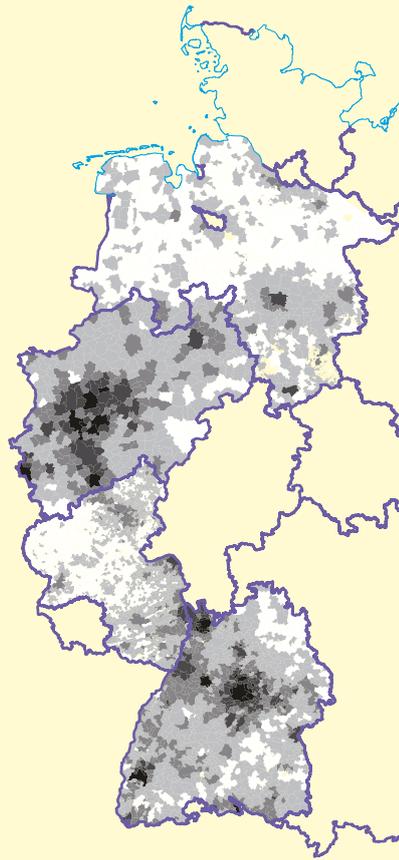
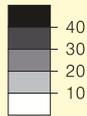
While innovative, but radical solutions like mobile homes have been suggested as a means to satisfy short-term demand and prevent long term oversupply, they are not realistic on a wider scale, at least not in the German context. To prevent new developments, planners should encourage higher population and building densities in the current building stock. However, a detailed analysis of the existing situation is a challenge for municipalities, and the actual densities are not known.

“Empty nesters”<sup>4</sup> and widows often stay in their oversized homes, causing a decline in the average household size (CLARK u. DEURLOO 2006). This is also known as the “remanence effect” in the German literature, where over-aging and low density of residents correlate (e.g. SPIEGEL 2007). In consequence, living space per capita, as well as operating expenses per capita, increases accordingly. The most effective solution from a planning perspective would be to create new living space within existing buildings. However, ownership structures and social aspects (“you cannot shift an old tree without it dying”) are significant barriers (GRÄF 2007).

<sup>4</sup>Parents whose children have moved out of the family home.

### Urban density

Urban density is critical for the viability of certain public services and infrastructure (public transport, schools, etc.). The graphic shows that densities are highest around the main agglomerations (Rhine-Ruhr, Stuttgart, Mannheim, Hannover).

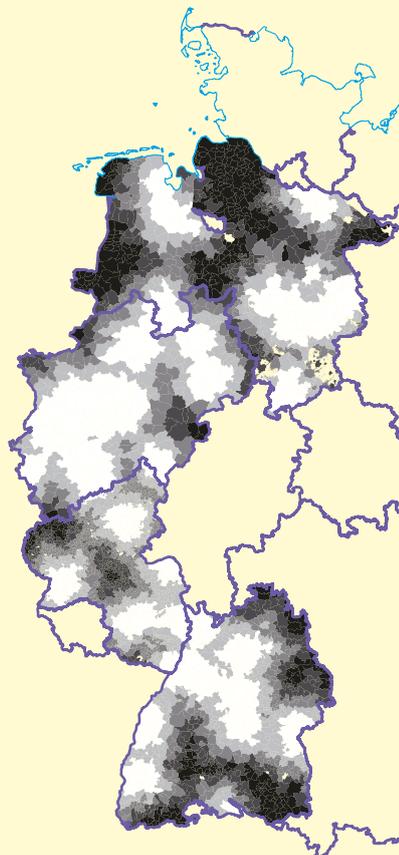
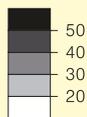


### Change in urban density *See text*

*See figure 2 right*

### Distance (driving time) to nearest high order central place (over 100 000 people only)

Areas further away from the locations of central services (population and economic hubs with corresponding services) are considered to face a higher risk.



In several European countries, legal regulations to prevent long-term oversupply, over-aging and over-consumption are currently being discussed and are, to some degree, about to be implemented. The general aim is to limit new green-field developments, and to favour inner-city developments over developments at the urban fringe. For example, the UK government's "brownfield" target has been met eight years ahead of schedule. It states that 60 per cent of new developments are to be built on previously developed land and through the conversion of existing buildings (ENVIRONMENT AGENCY UK 2003). Although this is a good example of legal intervention, long-term policies that aim at the sustainable renewal of affected areas will also have to look at financial incentives for home owners and local government.

From a theoretical point of view, there are three basic options to deal with aging SFH areas at risk of decline: revitalisation, conversion and demolition. All measures aiming at the continuity of residential use fall in the category of revitalisation. Quality improvement strategies that target specific groups become increasingly important, since the living requirements of different household types vary widely (BMVBS/BBR 2008a). Even the needs of families and young couples – being the traditional first-time home buyers – have changed significantly since the period when the houses were built. Tiny rooms and cramped layouts, for example, are characteristic of small houses from the 1950s, but don't meet today's standards.

As mentioned earlier, the share of family types that typically lives in SFHs is decreasing considerably. The only way to maintain residential use in neighbourhoods at risk of vacancies is to attract a wider range of household types to reside within these areas. However, the lifestyles and needs of „new“ target-groups like the elderly, students or singles differ from those of the original residents. On the one hand, it is crucial to adapt homes and neighbourhoods to meet the needs of an aging population (FEIFEL 2007; TEMPLE 2005). The population of the SFH areas examined is already overaged and the share of old and very old people living there will continue to grow. On the other hand, it can be fairly complicated to adapt these homes to the needs of aged or disabled persons, since most houses are two storey buildings. Furthermore,

Selected West German federal states (Länder)  
**Risk assessment for the post-war building stock**

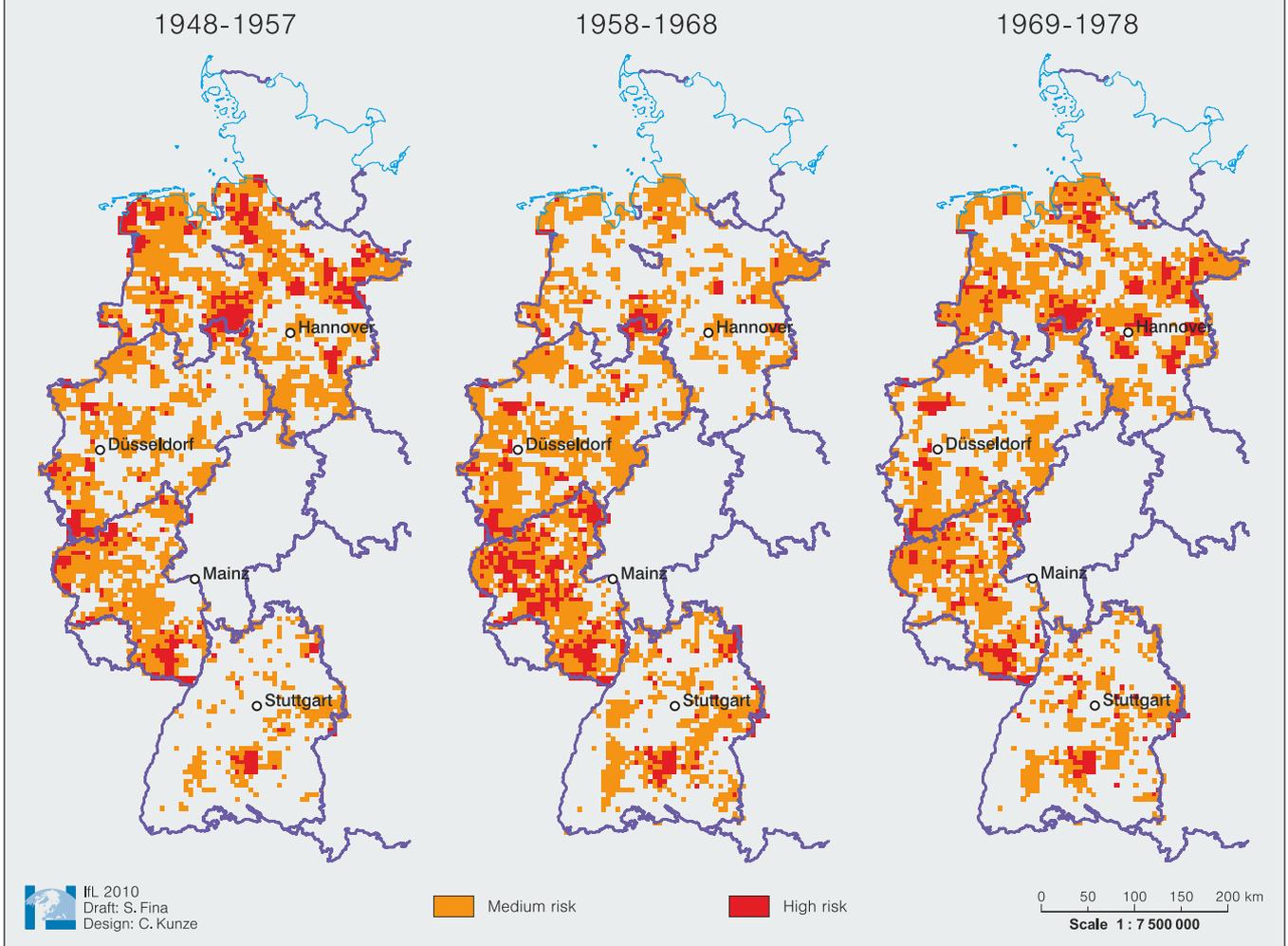


Fig. 3: Risk assessment for the post-war building stock  
 Data source: derived from data sources described in the main text

“lifetime neighbourhoods” must provide accessible local amenities such as the built environment, infrastructure, public transport, services and shared social space (DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT 2007).

FALLER (2001) suggests an alternative option, where new housing for the elderly within residential areas is developed. These new buildings are designed to attract elderly home-owners to move from their SFH into locally assisted living facilities. Living space designed especially for older people could also be a role model for rural areas. However, the value of the social network needs to be respected in this context, by providing people with optimal care within a familiar environment. Especially if there are no nursing homes available within the residential neighbourhood, an assisted living community could be a good alternative.

Another possibility would be that medium-income households, which were previously not able to buy a house, move into the neighbourhood. Due to housing oversupply and the resulting drop of property prices, members of this group, often with a migrational background, can easily get onto the “property ladder” (BMVBS/BBR; TEMPLE). Alternatively, the municipality could buy these homes and convert them into social housing. At this stage, property owners unable to find a buyer will be required to put their houses onto the rental market (BMVBS/BBR).

The next possibility would be to find a high-earner willing to buy a run-down SFH in order to redecorate it according to his or her individual liking (FEIFEL). In this case it would be ideal if the relevant housing estate was centrally located, and renovation was not hindered by housing

design regulations. Irrespective of the improvement strategy one chooses – the prevalent reconstruction backlog requires investment in the housing stock in almost every case. Most of the affected SFHs are unlikely to match the potential needs of future residents without reconfiguration. This could range from simple bathroom extensions to the amalgamation or splitting of houses. Whether the floor layout is going to be changed or not – a comprehensive energetic modernisation will be essential. Prior to the 1973 oil price shock, building energy-efficient houses was fairly unusual<sup>5</sup>. According to present-day standards, most of

<sup>5</sup> The Thermal Insulation Ordinance (in German „Wärmeschutzverordnung“) which became effective on November 1<sup>st</sup> 1977 established energy saving building regulations for the first time in Western Germany.

the 1950s-1970s buildings are therefore characterised by insufficient thermal insulation.

Nevertheless, in many cases it will not suffice to simply improve the buildings. Neighbourhood-related issues such as neglected public space or a lack of infrastructure, amenities and services have to be addressed as well. If these disadvantages can be overcome, there is a good chance that image problems or stigmas related to the neighbourhood will change. Ideally, a homogeneous SFH district that is exposed to the risk of decline would be transformed into a diverse and lively residential area where low- and high-income, long-time residents and new arrivals, families and singles, old and young people live together.

In contrast, when the lack of demand indicates that the original residential use of several buildings cannot be sustained, there are two remaining options: firstly, former residential buildings could be converted for other purposes such as shops, cafes, surgeries, nursing services or community centres, essentially turning the neighbourhood into a mixed use quarter. Another upgrade strategy would be to open up empty houses or abandoned property for students, artists or subcultural projects in order to bring a younger population and new lifestyles into neighbourhoods at risk of decline. In the past, affordable work- and living space was frequently found in inner city locations. But today, most of the central districts have been modernised, gentrified and thus became too expensive and unalluring for subcultural movements. Suitable suburbs may be the alternatives that pioneers searching for new niches are looking for, giving the former mono-functional residential area a new image and gradually attract other groups and businesses to relocate (cf. FRIEDRICH 2000). Although this may be among the more complex options to implement, it is the one that offers the best chances of being effective. Unfortunately, on this route, planners and developers will have to overcome obstacles such as an unfavourable location, resistance of the residents, or a municipality not willing or not able to support this kind of innovative strategy.

Secondly, the systematic depopulation and demolition of the SFHs is the last alternative to prevent an endangered neighbourhood from dereliction (ADAM et al. 2006). Even though such a

strategy would be very unpopular (and extremely difficult to implement), there are additional positive effects associated with it. For instance, if other areas of a community are at a comparable risk of vacancies, the demolition of dwellings in peripheral locations would certainly help to stabilise population levels in the centre. In order to stimulate these processes, the local authority would have to supply additional assisted living facilities and establish internal relocation services for the elderly. Once the last SFH has been demolished – though this might take a long time – the site is ready for renaturation or, if required, redevelopment.

### Conclusions

Demographic change is going to cause fundamental changes in the way we live in and plan our residential areas in the future. The top-down study methodology clearly demonstrated that the problem is national, but has very specific aspects on the local scale. Conflicting interests on the local level are often not visible on the regional or national scale since they balance each other out. It is therefore important to monitor the situation within municipalities and settlements. Although the dimensions of the problem are generally undisputed, some local decision makers persist in ignoring the potential (and in some places the present reality) of oversupply of residential buildings, and its effect on the real estate market. The political motivation to enter into a competition for migrating young families, and to promote the image of a young, dynamic, and thriving community is often in stark contrast to the realities of overaging and decline. Although there are some areas that will manage to maintain the economic and social balance in the future, most areas will have to rethink the way they manage their housing stock. In order to improve the understanding of the situation, the empirical results presented here have shown where the problems occur.

The performance of the residential property market is a reliable indicator for the attractiveness of locations and regions. However, it might already be too late for counteractive measures once house prices begin to fall and resale difficulties become common. At this point the question arises as to whether action should be taken at all, or whether the private housing market should be left to the devices of the free market.

The deductive approach presented here is based on the identification and assessment of risk areas for the aging SFH housing stock. There are several reasons to develop planned, proactive arrangements in the best interest of the public, and to avoid a failure of the housing market. The slow death of suburban or rural SFH areas is particularly problematic for municipalities, as population decline implies a loss of tax revenue. Furthermore, the efficient use of public infrastructure will be undermined, and the public perception of the affected communities' image will be damaged. Additionally, it would go against the public interest, if on the one hand the existing housing stock is facing increasing vacancies, and on the other hand new residential buildings are being constructed elsewhere at the same time. Balancing supply and demand will therefore become a major housing policy challenge.

This paper highlights some potential strategies to deal with these issues. The authors are aware of the limitations associated with applying these strategies within the complex ownership structures of private residential developments. Apart from additional research that is currently underway with a number of projects<sup>6</sup>, the goal of this study is to make the problems more prominent on the agenda of homeowners, decision-makers, but also of the general public. The task to develop adequate solutions is not just the exclusive domain of experts – it is also a right and duty of civil society.

### References

- ADAM, B., B. GINZEL und S. WEIDNER (2006): Szenarien und Modellrechnungen für eine virtuelle Stadt. In: BÖCKER, M., G. KOTZKE, M. LINDEMANN und C. GERTZ: Stadtquartiere im Umbruch: Infrastruktur im Stadtbau: Chancen für neue Freiräume. Bonn (Werkstatt: Praxis Heft 42), [http://www.bbr.bund.de/c/n\\_007/nn\\_23486/DE/Veroeffentlichungen/](http://www.bbr.bund.de/c/n_007/nn_23486/DE/Veroeffentlichungen/)

<sup>6</sup> Unpublished dissertation on the development of suburban residential areas in the 1960s to 80s in Baden-Württemberg (in German "Die Entwicklung von 60er- bis 80er Jahre Wohnquartieren im suburbanen Raum Baden-Württembergs") by Simone Planinsek, Institute of Urban and Landscape Design, Karlsruhe Institute of Technology. Project on suburban upgrade ("Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Nutzung von Einfamilienhausbeständen der 1950er bis 1970er Jahre"). Institute of Regional Development Planning, Universität Stuttgart on behalf of Wüstenrot-Stiftung.

- WP/1998\_\_2006/2006\_\_Heft42.html
- BERKE, R., D. GODSCHALK, E. KAISER und D. RODRIGUEZ (2004): *Urban Land Use Planning* (5th ed.), Urbana and Chicago.
- BÜRKNER, H.-J. (2007): Stadtentwicklung in einer sich zur Wissensgesellschaft verändernden Industriegesellschaft: Herausforderungen für die Stadtplanung In: BAUM, D.: *Die Stadt in der Sozialen Arbeit: Ein Handbuch für soziale und planende Berufe*. Wiesbaden, p. 288-304.
- BMVBS/BBR (2008a): *Umgang mit Bestandsobjekten im europäischen Ausland*. Berlin/Bonn (BBR-Online-Publikation 15/2008). urn:nbn:de:0093-ON1508RG39
- BMVBS/BBR (2008b): *Einschätzung der Marktchancen von Reihenhäusern, Einfamilienhäusern und kleinen Mehrfamilienhäusern aus den 1950er und 1960er Jahren*. (BBR-Online-Publikation, Nr. 13/2008). urn:nbn:de:0093-ON01308RG32
- BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (2006): *Raumordnungsprognose 2020/2050*. Bonn (Berichte, Band 23).
- BUNDESTRANSFERSTELLE STADTUMBAU OST (2009): *Bund-Länder-Programm Stadtumbau Ost*. Retrieved January 29, 2009, <http://www.stadtumbau-ost.info/>
- BUNDESTRANSFERSTELLE STADTUMBAU WEST (2009): *Allgemeine Informationen*. Retrieved January 29, 2009, <http://www.stadtumbauwest.de/>
- CLARK, W. und M. DEURLOO (2006): *Aging in place and housing over-consumption*. In: *Journal of Housing and the Built Environment* 21, p. 257-270.
- DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT (2007): *Towards Lifetime Neighbourhoods: Designing sustainable communities for all: A discussion paper*. London. <http://www.communities.gov.uk/documents/communities/pdf/550658.pdf>
- ENVIRONMENT AGENCY UK (2003): *Position statement: Brownfield land redevelopment*. Version 1-May 2003. Bristol.
- FALLER, B. (2001): *Hemmnisse der Wohneigentumsbildung*. *Forum Wohneigentum* (5), S. 269-276. [http://www.vhw-online.de/forum/content/200105\\_206.pdf](http://www.vhw-online.de/forum/content/200105_206.pdf)
- FEIFEL, J. G. (2007): *Entwicklungsperspektiven und kommunale Strategien zur Attraktivitätssteigerung von Nachkriegssiedlungen dargestellt am Beispiel Esslingen am Neckar*. Stuttgart (Stuttgarter Geographische Studien, Band 139).
- FRIEDRICHS, J. (2000): *Gentrification*. In: HÄUSSERMANN, H. (Hrsg.): *Großstadt: Soziologische Stichworte*. Opladen.
- GRÄF, B. (2007). *Der demographische Wandel in Deutschland – Auswirkungen und Handlungsalternativen*. Vortrag bei der europäischen Bausparkassenvereinigung, XV. Europakongress, Prag, Frankfurt.
- HARLANDER, T. (1999): *Wohnen und Stadtentwicklung in der Bundesrepublik*. In: FLAGGE, I. (Hrsg.): *Geschichte des Wohnens*, Band 5. Von 1945 bis heute: Aufbau – Neubau – Umbau. Stuttgart, p. 233-420.
- HÄUSSERMANN, H. (2007). *Suburbia im Umbruch – das Einfamilienhaus im Grünen wird neu bewertet*. *Archithese* 37 (3). p. 28-31.
- HÄUSSERMANN, H., D. LÄPPLE und W. SIEBEL (2008). *Stadtpolitik*. Frankfurt am Main.
- HESSE, M. und J. SCHEINER (2007). *Suburbane Räume – Problemquartiere der Zukunft? Deutsche Zeitschrift für Kommunalwissenschaften* 46 (2), p. 35-48.
- KARSTEN, M., K. BAUMANN, A. ROHLFS und C. STELLFELDT-KOCH (2007). *Private Eigentümer im Stadtumbau: Viele einzelne Eigentümer und unterschiedliche Eigentumsverhältnisse: Chance oder Hemmnis beim Stadtumbau West? Bonn (Werkstatt: Praxis Heft 47)*. [http://www.bbr.bund.de/cln\\_007/nn\\_23486/DE/Veroeffentlichungen/WP/2007/2007\\_\\_Heft47.html](http://www.bbr.bund.de/cln_007/nn_23486/DE/Veroeffentlichungen/WP/2007/2007__Heft47.html)
- MAIER, G. und F. TÖDTLING (2006): *Regional- und Stadtökonomik 1- Standorttheorie und Raumstruktur*. Wien.
- MÖLLER, K. P. (2006): *Veränderung der Wohnungsnachfrage und Reaktion des Wohnungsangebots in Nordrhein-Westfalen bis 2025*. Düsseldorf.
- OELTZE, S. und T. BRACHER (2006): *Mobilität 2050 – Szenarien der Verkehrsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050*. Berlin.
- PALOTZ, T. R. (2004): *Eine neue Ökonomie für den Wohnungsbau: Konzepte des Kosten- und Flächensparenden Bauens und Ansätze der Übertragbarkeit*. Essen. [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=971937346&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf&filename=971937346.pdf](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=971937346&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=971937346.pdf)
- SIEDENTOP, S. (2008): *Die Rückkehr der Städte? Zur Plausibilität der Reurbanisierungshypothese*. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 3/4, p. 193-210.
- SIEVERTS, T. (1998): *Zwischenstadt. Zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit, Stadt und Land*. *Bauwelt Fundamente* 118. Braunschweig; Wiesbaden.
- SIMONS, H., R. BRAUN, U. PFEIFFER, M. SCHMIDT und H. METZGER (2005): *Wirtschaft und Wohnen in Deutschland: Regionale Prognosen bis 2015, Wohnungsmarktentwicklung bis 2030*. Berlin.
- SPIEGEL, E. (2007): *Wohnen und Wohnungen als Strukturelemente der Stadt. Hat jede Vergangenheit eine Zukunft? In: SPIEGEL, E. und U. GISEKE (Hrsg.): Stadtlichtungen. Irritationen, Perspektiven, Strategien*. *Bauwelt Fundamente* 138. Basel, Boston, Berlin, p. 63-84.
- TEMPLE, N. DE (2004): *Einfamilienhaussiedlungen im Wandel. Eine Untersuchung zum Generationswechsel vor dem Hintergrund des soziodemografischen Wandels am Beispiel der Stadt Dortmund*. Berlin.

Dipl.-Geogr. STEFAN FINA  
 Dipl.-Ing. (FH) PHILIPP ZAKRZEWSKI M.Sc.  
 Universität Stuttgart  
 Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (ireus)  
 Pfaffenwaldring 7  
 70569 Stuttgart  
 stefan.fina@ireus.uni-stuttgart.de  
 philipp.zakrzewski@ireus.uni-stuttgart.de

Dipl.-Ing. SIMONE PLANINSEK  
 Universität Karlsruhe  
 Fakultät für Architektur  
 Institut Entwerfen von Stadt und Landschaft  
 Englerstraße 11  
 76131 Karlsruhe

**ANHANG B-7: FINA, S. 2011. Flächenverbrauch und Landschaftszersiedelung -  
Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich. In: MEINEL, G. &  
SCHUMACHER, U. (Hrsg.) Flächennutzungsmonitoring III. Dresden: Rhombos  
Verlag.**

## Flächenverbrauch und Landschaftszersiedelung – Wo steht Deutschland im internationalen Vergleich?

*Stefan Fina*

### Zusammenfassung

Der Flächenverbrauch für Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland war in den letzten Jahren leicht rückläufig. Mit den Zahlen, die diese Tendenz belegen, entbrennt eine neue Debatte über die Zeigerwirkung der zugrunde liegenden Datengrundlagen. Sind die beobachtbaren Trends der Beleg für erfolgreiche Flächenpolitik? Oder sind die Rückgangsraten lediglich Ausdruck einer leichten Dämpfung, die von Megatrends wie dem demografischen Wandel und konjunkturellen Schwankungen überlagert und gesteuert werden? Bei der Einordnung dieser Fragestellungen ist es hilfreich, die in Deutschland beobachtbaren Tendenzen den internationalen Trends gegenüber zu stellen. Dabei sind nicht nur die reinen Flächenverbrauchsrate von Interesse, sondern auch lagebezogene Parameter, die ihren Ausdruck in Indikatoren zur Landschaftszersiedelung finden. Im vorliegenden Beitrag werden ausgewählte Kennziffern zur Siedlungsentwicklung vorgestellt. Im Ergebnis zeigt sich, dass Deutschland im Jahr 2006 das am fünfstärksten verstädterte und versiegelte Land der Europäischen Union war, wobei die Bevölkerungsdichte im Mittelfeld der EU-Länder liegt. Wie in den meisten westeuropäischen Ländern war auch in Deutschland die Flächenverbrauchsrate rückläufig, in den osteuropäischen Ländern war dagegen ein leichter Anstieg zu verzeichnen. Ein direkter Zusammenhang zwischen Flächenverbrauch und Bevölkerungsentwicklung bzw. Wirtschaftsdynamik ist auf Länderebene nicht nachweisbar. Bei den Verbrauchsrate von ökologisch und land- bzw. forstwirtschaftlich wertvollen Flächen liegt man im Mittelfeld des Ländervergleichs. Dagegen ist Deutschland bei den Indikatoren zur Landschaftszersiedelung in der Gruppe der Spitzenreiter. Die Konzentration von neuen Siedlungsflächen ist aufgrund der flächendeckenden Zuwächse eher gering. Auch wenn die einzelnen Flächen vergleichsweise gut in den Siedlungsbestand integriert werden, führt dies letztlich zu einer stärkeren Fragmentierung des ohnehin schon stark zersiedelten Freiraums.

### 1 Einführung

Die Nachhaltigkeit der Siedlungsentwicklung wird auf bundesdeutscher Ebene vor allem mit der Messgröße „Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ in Hektar pro Tag bewertet. Das Nachhaltigkeitsziel „Reduzierung der Flächeninanspruchnahme“ auf 30 Hektar pro Tag orientiert sich an dieser Messgröße. Waren bis 2007 noch konstant über 100 Hektar gemessen worden, sind die Zahlen der letzten Jahre deutlich niedriger, und die Erreichung des Nachhaltigkeitsziels liegt zumindest im Rahmen des Möglichen (Dis-

telkamp et al. 2011; Statistisches Bundesamt 2010; Umweltbundesamt 2004). Fraglich ist allerdings, inwiefern dieser Rückgang im Flächenverbrauch auf globale Trends zurückzuführen ist, oder als Ergebnis oder gar Erfolg einer gezielten Flächenpolitik gewertet werden kann. Gleichzeitig setzt sich die Erkenntnis durch, dass die Datengrundlagen für die Erfassung der Siedlungs- und Verkehrsflächen im Zeitverlauf Konsistenzmängel aufweisen und der Flächenverbrauch in der Vergangenheit deshalb unter Umständen überschätzt wurde (Siedentop, Fina 2010; Dosch 2008).

Darüber hinaus wird in zunehmendem Masse eingefordert, die rein quantitative Bewertung des Flächenverbrauchs durch Informationen zur Vornutzung und Indikatoren zur Landschaftszersiedelung zu ergänzen. Dies hat insbesondere den Hintergrund, dass belastende Siedlungsstrukturen völlig unterschiedliche Entwicklungspfade nehmen können und auf verschiedenartig vorgeprägte Freiraumstrukturen treffen (vgl. Abb. 1). Messgrößen zur Bewertung nachhaltiger Entwicklung sollten demnach in der Lage sein, den Zustand und die Entwicklung von Siedlungsformen im Hinblick auf verschiedene Wirkkomplexe (z. B. Ressourceneffizienz, Verlust landwirtschaftlicher Produktionsflächen) hin zu unterscheiden – falls notwendig auch mit unterschiedlichen Indikatoren (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2007; Kaule, Siedentop 2010; Siedentop et al. 2007).

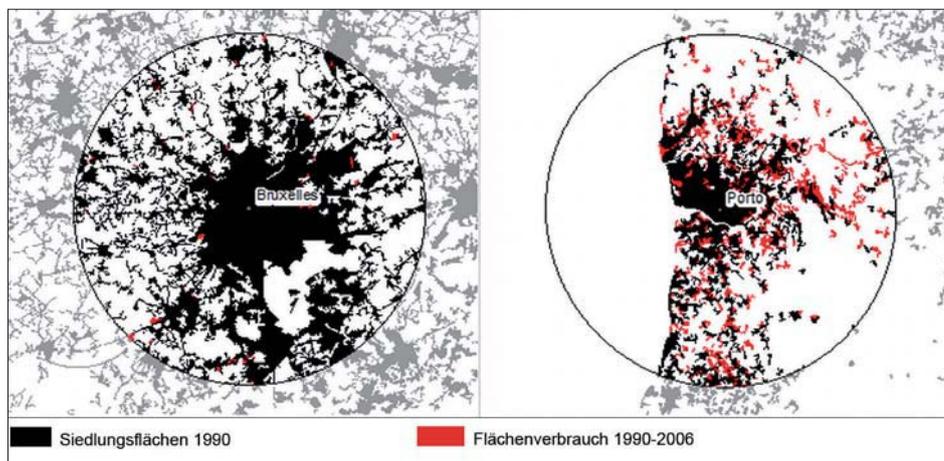


Abb. 1: Fragmentierter Freiraum (Brüssel, links) und Zersiedelungstendenzen (Porto, rechts); 20-km Radian (Datenquelle: CORINE Land Cover, Eurostat)

Die Entwicklung geeigneter Kennzahlen steckt allerdings noch in den Anfängen. Dies liegt zum einen daran, dass die dafür benötigten raumbezogenen Daten für großflächige Analysen nur unter großem Aufwand verfügbar gemacht und informationstechnisch verarbeitet werden können. Zum anderen sind digital verwertbare Geodaten von amtlicher Seite in den seltensten Fällen für verschiedene Zeitstände erhältlich. Da dies

jedoch Voraussetzung für eine Vielzahl von Anwendungen im Umweltmonitoring ist, wird von Seiten der Europäischen Union mithilfe von Fernerkundungsdaten seit 1990 ein Datensatz zur Landbedeckung und zur Erfassung von Landnutzungsänderungen erstellt (CORINE Land Cover). Seit 2010 sind nun mit dem Release der letzten Erfassung von 2006 erstmals homogene Datengrundlagen verfügbar, die eine Bilanzierung und Trendanalyse der Siedlungsentwicklung und Landschaftszersiedelung in den Ländern der Europäischen Union ermöglichen (Keil et al. 2010; European Environment Agency 2010). Im Folgenden werden die Ergebnisse der Implementierung ausgewählter Indikatoren auf dieser, aber auch ergänzender Datengrundlagen vorgestellt und die Entwicklung der bundesdeutschen Werte im Vergleich zu anderen Ländern der Europäischen Union diskutiert.

## 2 Siedlungsstruktur und Flächenverbrauch

Abbildung 2 zeigt zunächst den Anteil der Siedlungsfläche an der Gesamtfläche eines Landes. Diese Informationen basieren auf den Auswertungen der CORINE-Erfassung 2006. Da Flächen kleiner als 25 Hektar in der CORINE-Erfassungsmethodik in der umgebenden Nutzung aufgehen, sind kleinere Ortschaften und Weiler nicht berücksichtigt (Einig et al. 2009; Meinel et al. 2007).

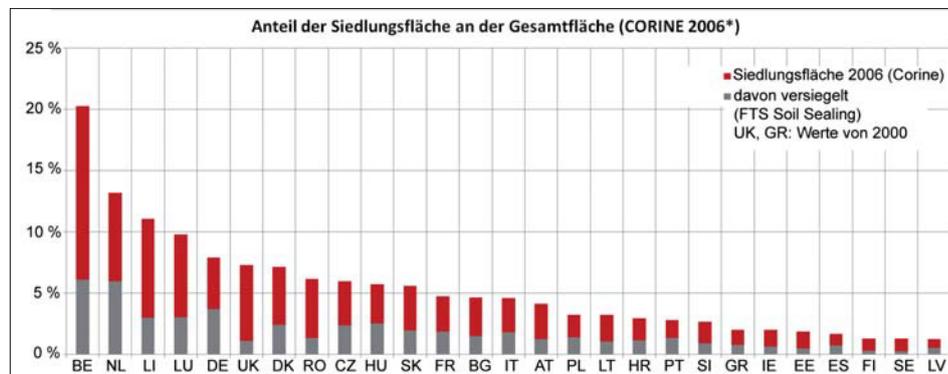


Abb. 2: Anteil der Siedlungsfläche an der Gesamtfläche europäischer Länder und der davon versiegelte Teil

(Quelle: CORINE 2006 und FTS Soil Sealing Layer 2009; European Environment Agency)

Zusätzlich wurde für die Siedlungsflächen der Versiegelungsgrad aus den Daten des FTS Soil Sealing Projektes der Europäischen Union berechnet (grauer Balkenanteil in Abb. 2, vgl. Khabaka, Lucera 2010). Dieser ist insbesondere für Umweltwirkungen wie Oberflächenabfluss oder Hitzeinseleffekte von Bedeutung. Deutschland hat in der Übersicht zwar nur den fünftgrößten Siedlungsflächenanteil, dieser ist aber (neben Portugal) am stärksten versiegelt: Deutsche Siedlungsflächen beinhalten also vergleichsweise wenige Grünflächen. Zum einen bedeutet dies, dass im Mittel eine höhere Vulnerabilität gegen-

über den oben genannten Umweltwirkungen gegeben ist, zum anderen dürfte damit auch die Konzentration urbaner Funktionen höher sein – ein Aspekt, der auf eine vergleichsweise effiziente Nutzung von Siedlungsflächen mit bebauten Strukturen hinweist. Stellt man diese Ergebnisse allerdings der Siedlungsdichte gegenüber – einem Indikator für die einwohnerbezogene Nutzungseffizienz von Siedlungsflächen (Tsai 2005; Ewing et al. 2002) – so liegt Deutschland (45 Einwohner pro Hektar), trotz des hohen Versiegelungsgrades, noch hinter den Spitzenreitern Italien, Spanien, Rumänien und den Niederlanden (Werte deutlich über 50 Einwohner pro Hektar)<sup>1</sup>. Die höchsten Versiegelungsraten gehen also nicht zwangsläufig mit den höchsten Siedlungsdichten einher.

In puncto Flächenverbrauch dominieren in der länderweiten Zusammenfassung die Zuwachsraten in den von der Finanzkrise am stärksten betroffenen Ländern (Spanien, Portugal, Irland, Griechenland). Abbildung 3 zeigt die Dimension dieses im Vergleich zu anderen Ländern exorbitanten Flächenverbrauchs in Form eines Kartogramms, bei dem die Flächengröße eines Landes mit dem absoluten Zuwachs (links) bzw. dem Flächenverbrauch pro Einwohner (rechts) skaliert wird.

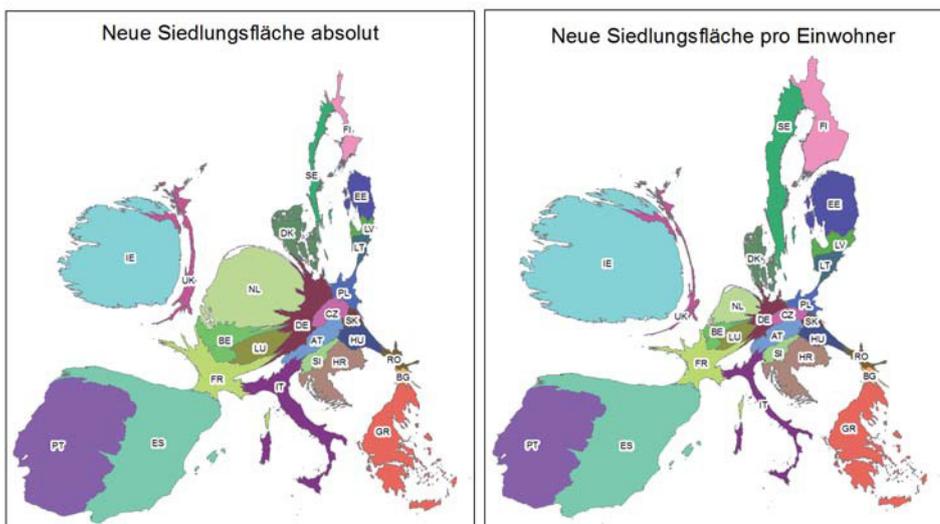


Abb. 3: Kartographische Anamorphosen des Siedlungsflächenzuwachses 1990 bis 2006 in den Ländern der Europäischen Union  
(Quelle: CORINE 1990 bis 2006, European Environment Agency; Daten für UK und GR sind von 2000 bis 2006 mit den Flächenverbrauchsdaten 1990 bis 2000 interpoliert)

Der Unterschied zwischen den Darstellungen wird am Beispiel der Niederlande (oder Italiens) deutlich, deren absoluter Flächenverbrauch sich bei der Normierung auf die

<sup>1</sup> Die Siedlungsdichte wurde für den europaweiten Vergleich aus den Datengrundlage des Population Density Grid 2001 (European Environment Agency bzw. EUROSTAT, vgl. Gallego 2010) und des FTS Soil Sealing Layers (European Environment Agency) berechnet und definiert sich als Einwohner pro Hektar versiegelter Fläche.

Einwohnerzahl relativiert. Umgekehrt verhält es sich bei den dünn besiedelten Ländern des Baltikums (Estland, Litauen, Lettland) und in Finnland, deren Flächenverbrauch pro Einwohner relativ hoch war.

Mit den CORINE-Daten von 2006 lässt sich auf europäischer Ebene zum ersten Mal auswerten, wie sich der Flächenverbrauch im Zeitverlauf entwickelt hat. Dafür werden die mittleren Flächenverbrauchsdaten von 1990 bis 2000 mit denen von 2000 bis 2006 verglichen, unter Berücksichtigung der Aufnahmezeiten der Satellitenszenen, die für CORINE verwendet werden. Die linke Karte in Abbildung 4 zeigt das fortschreitende Wachstum entlang der iberischen und irischen Küste, ebenso in weiten Teilen Frankreichs, Norditaliens, aber auch in Dänemark. In Osteuropa ist eine regionale Konzentration höherer Wachstumsraten in Tschechien und dem westlichen Ungarn zu erkennen und um die größeren Städte und Verkehrsachsen in Polen und Rumänien. In Deutschland sind höhere Raten in räumlichen Clustern in Hessen und Bayern zu erkennen: In der höheren Auflösung der rechten Karte werden die regionalen Konzentrationen noch deutlicher: Vor allem die westdeutschen Bundesländer haben weitflächigen Zuwachs, neben Bayern und Hessen sind die Raten auch in den westlichen Lagen Nordrhein-Westfalens, im Saarland und teilweise auch in Niedersachsen und Schleswig-Holstein noch höher als in den 1990er Jahren.

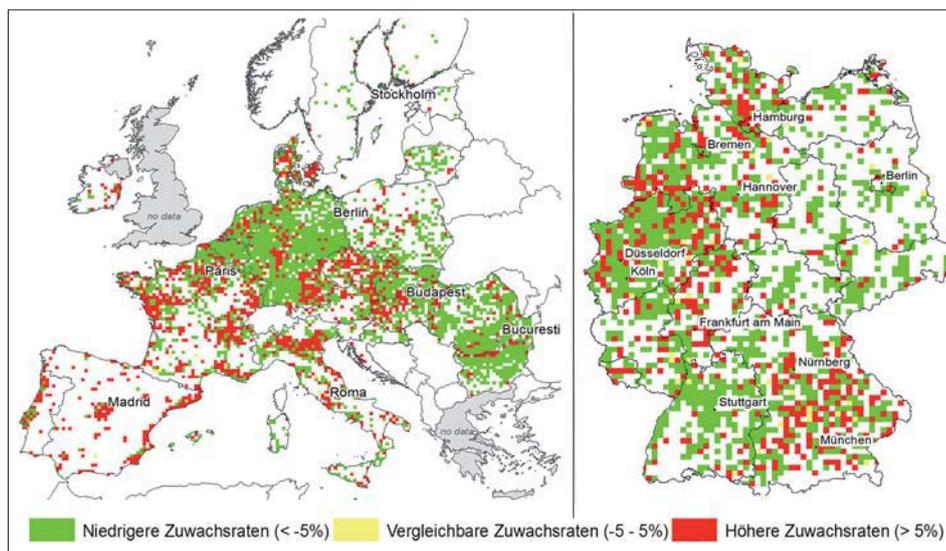


Abb. 4: Trends im Flächenverbrauch zwischen den 1990er Jahren und den Jahren 2000 bis 2006 für die Länder der Europäischen Union (links, 20 x 20 km Zellen; Daten für UK und GR nicht verfügbar) und höher aufgelöst für Deutschland (rechts, 10 x 10 km) (Quelle: CORINE 1990-2006, European Environment Agency)

Summiert man die Flächenverbrauchsdaten für die Länder, so zeigen sich im Mittel – trotz aller regionalen Unterschiede, die in Abbildung 4 deutlich werden – für die westeuropäi-

schen Länder rückläufige Flächenverbrauchsrate. Die osteuropäischen Länder haben insgesamt leicht steigende Verbrauchsrate, allerdings räumlich stark konzentriert.

Aus qualitativer Sicht wird der Flächenverbrauch erst zielgerichtet bewertbar, wenn Informationen zur Vornutzung umgewandelter Flächen vorliegen. Abbildung 5 zeigt hierzu den Bestandsverlust an hochwertigem Ackerland, an ökologisch als sensibel einzustufenden Flächen und an Wäldern. Aufbereitet wurden diese Bilanzierungen aus der Verschneidung von Bodenatlas (Klasse „no limits to agricultural use“ der *European Soil Database*<sup>2</sup>), Natura 2000-Flächen und den CORINE-Waldklassen der Europäischen Union (CLC-Code 311, 312, 313). Im Ergebnis zeigt sich, dass der Schutzstatus produktiver landwirtschaftlicher Nutzflächen durchgehend niedriger ist als für Natura 2000-Flächen oder Wälder. Deutschland liegt in allen Kategorien auf Rang 7 im europaweiten Vergleich. Sicherlich ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse die Verfügbarkeit der entsprechenden Ressource widerspiegeln. So sind zum Beispiel in Lettland oder Litauen in hohem Masse fruchtbare Böden verloren gegangen – in den vorher beim Flächenverbrauch auffälligen Ländern (Portugal, Spanien, Niederlande) dagegen sind derartige Böden kaum vorhanden und schlagen deshalb nur in geringem Masse zu Buche.



Abb. 5: Verlustbilanz an landwirtschaftlich hochwertigen Böden, ökologisch sensiblen Flächen und Wäldern (in Prozent des Bestandes, 1990-2006)  
(Quelle: CORINE 1990-2006 und NATURA 2000-Flächen, Stand 2010, von der European Environment Agency; JRC Soil Database, Stand 2006, vom European Soil Database Center)

### 3 Landschaftszersiedelung

Die Berechnung von Kennziffern zur Landschaftszersiedelung beruht auf komplexen Verschneidungsroutinen in Geoinformationssystemen, die eine siedlungsstrukturelle Bewertung des verfügbaren Freiraums eines Zeitstandes sowie des verlorenen Freiraums zwischen zwei Bezugsjahren ermöglicht. Abbildung 6 zeigt einen distanzgewichteten Zerschneidungsindikator<sup>3</sup>, der die Wertigkeit des Freiraums mit zunehmendem Abstand

<sup>2</sup> <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/>, download am 22.10.2010

<sup>3</sup> Landschaftszerschneidung wird hier als ein, aber nicht als einziger Aspekt der Zersiedelung verstanden. Für eine genaue Abgrenzung der Begriffe siehe Jäger und Bertiller 2006.

von der nächstgelegenen Straße gewichtet. Dabei entsteht eine sogenannte Pseudotopographie des Freiraums in Form des „Roadless Volumes“ (nach Watts et al. 2007), das für kompaktere Habitate höhere Volumenwerte erzielt und damit zum Beispiel das Durchmischungs- und Diversifizierungspotenzial für Flora und Fauna abbildet (siehe den schematischen Vergleich aus Watts et al. 2007, 736, in Abb. 6). Das auf 20 x 20 km Zellen bezogene Ergebnis verdeutlicht, dass insbesondere die dicht besiedelten Benelux-Länder, aber auch England, West- und Süd-Deutschland stark zerschnitten sind.

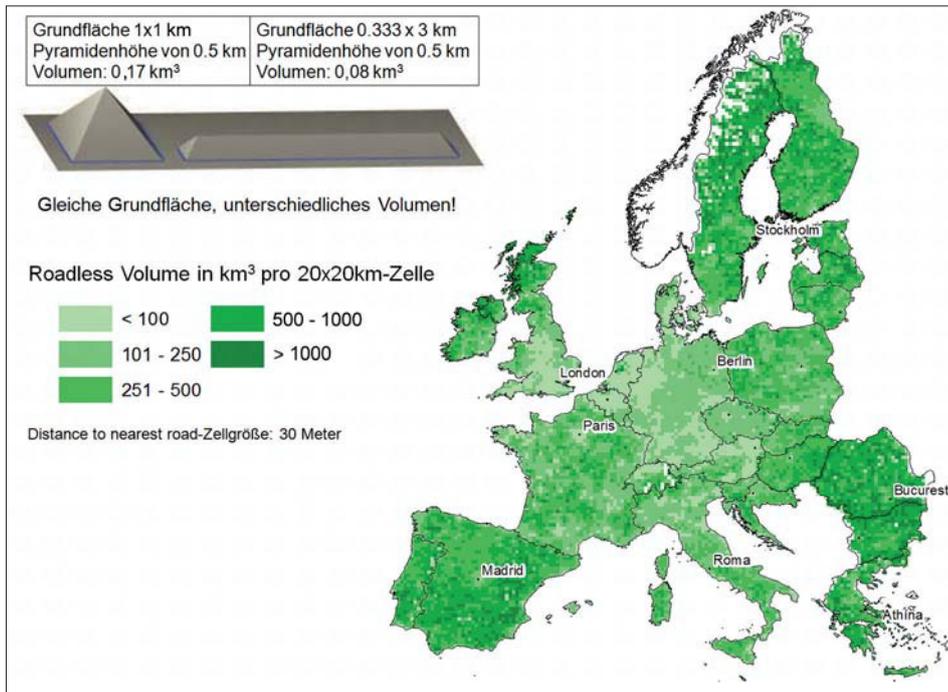


Abb. 6: Landschaftszerschneidung in Europa (Roadless Volume nach Watts et al. 2007)  
(Quelle: OpenStreetMap-Straßennetz<sup>4</sup> ohne „tracks“ und „paths“, Download von geofabrik.de, Februar 2011)

Bilanziert man ähnliche Maßzahlen wie den „effektiven Freiraumanteil“ für zwei Zeitstände (Ackermann, Schweiger 2008; Schweppe-Kraft 2007), so zeigt sich – wenig überraschend – ein hoher Verlust an Freiraum in den Ländern mit dem höchsten Flächenverbrauch (Niederlande, Portugal, Spanien). Bemerkenswert ist dagegen, dass bereits stark zerschnittene Länder wie Belgien, aber auch Deutschland, hier Spitzenreiterpositionen einnehmen, obwohl die Flächenverbrauchsdaten im Mittel rückläufig waren (Abb. 7). Zu erklären ist dies dadurch, dass bei den Freiraumindikatoren jede zusätzliche

<sup>4</sup> Die Ergebnisse beruhen auf Auswertungen von OpenStreetMap-Daten, die eventuell verschiedene regionale Erfassungstiefen aufweisen. Die Umsetzung des Roadless Volume stellt diesbezüglich eine Implementierung dar, die aus Sicht des Autors im europaweiten Vergleich plausible Ergebnisse liefert, aber keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit erhebt.

Zerschneidung überproportional stark anschlägt, insbesondere in Regionen, die bereits stark zersiedelt sind und großräumig – wenn auch in geringem Maße – Zuwächse zu verzeichnen hatten.

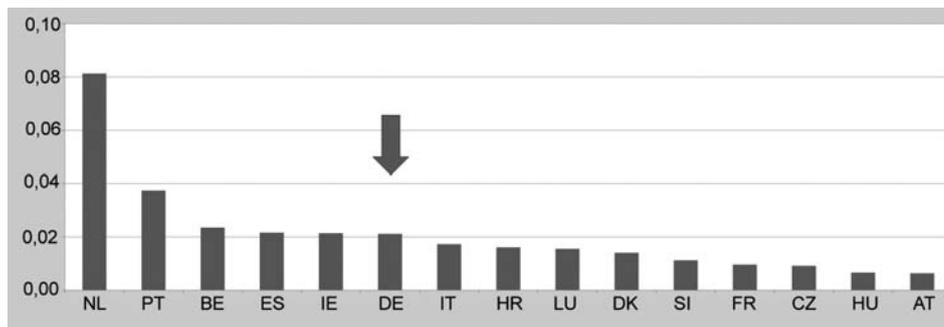


Abb. 7: Dynamik der Landschaftszersiedelung in den Ländern der Europäischen Union, berechnet über eine Bilanzierung der „Effektiven Freiraumfläche“ (Ackermann und Schweiger, 2009) für die Jahre 1990 und 2006 (UK und GR: 1990 und 2000)  
(Quelle: CORINE 1990 bis 2006, European Environment Agency)

Für Deutschland lässt sich der Effekt der flächenhaften Zuwachsraten über die Spitzenposition im Länderranking beim Gini-Index belegen. Dieser Indikator drückt das Maß der Gleichverteilung neuer Siedlungsflächen über die Landesfläche aus und findet zunehmend auch in den Raumwissenschaften Verwendung (vgl. z. B. Massey, Denton 1988). Auch wenn über eine Analyse der Integration dieser Siedlungserweiterungen festgestellt wurde, dass diese besser in den Siedlungsbestand integriert sind als in anderen europäischen Ländern („Openness-Index“) und deshalb vorhandene Infrastrukturen vergleichsweise effizient nutzen, so tragen sie dennoch flächendeckend zum Verlust an Freiraumqualitäten bei.

Mit den vorliegenden Indikatoren kann konstatiert werden, dass die Zersiedelung insbesondere in den stark urbanisierten Ländern Nordwest- und Mitteleuropas, aber auch in den Ländern mit hohem Flächenverbrauch als kritisch zu bewerten ist. Auch wenn in manchen Ländern mehr Wert auf die Steuerung der Siedlungsentwicklung gelegt wird (z. B. Niederlande, Deutschland), sind die dennoch zu verzeichnenden Freiraumverluste gravierender als in Ländern mit großflächig dünn besiedeltem Hinterland (z. B. Skandinavien, Baltikum). Während nämlich im Sinne der von Forman beschriebenen Phasen der Landschaftsfragmentierung die Zersiedelung in den Letzteren eher der Perforation und Inzision entsprechen, handelt es sich in vielen Regionen Nordwesteuropas bereits um ökologisch bedenkliche Verkleinerungen und teilweise sogar um die Auslöschung von Freiräumen, die auch umweltökonomisch als höchst kritisch einzustufen ist (Forman 1995; Esswein 2007, 158).

## 4 Fazit und Ausblick

Die vorliegenden Kennziffern der Siedlungsentwicklung zeigen, dass Deutschland eines der am stärksten verstädterten und am dichtesten besiedelten Länder Europas ist. Der Siedlungsflächenzuwachs war zuletzt, wie in anderen westeuropäischen Ländern, leicht rückläufig, allerdings ausgehend von einem sehr hohen Niveau in den 1990er Jahren. Trotz dieser Tendenzen verursacht der Flächenverbrauch nach wie vor hohe Verluste an der Ressource „Fläche“, insbesondere von hochproduktiven landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Im europaweiten Vergleich ist die Zersiedelung in Deutschland weit fortgeschritten und geht trotz gut in den Siedlungsbestand integrierter Neubauf Flächen in hohem Masse weiter. Das liegt vor allem daran, dass die Zuwächse im Vergleich zu anderen Ländern relativ gleich verteilt sind und deshalb flächendeckend zu Buche schlagen. Siedlungsdichte und Versiegelungsgrad geben allerdings Hinweise darauf, dass die Flächen intensiver genutzt werden als in anderen europäischen Ländern.

Im Ausblick kann davon ausgegangen werden, dass Kennziffern der Siedlungsentwicklung langfristig an Bedeutung gewinnen werden. Der Einfluss von Siedlungsstrukturen auf umweltpolitische Herausforderungen wie Klimaschutz, Ressourcenverbrauch, aber auch sozialer Aspekte, wie dem demografischen Wandel, wird zunehmend erkannt, was sich im Bedarf an Informationsgrundlagen äußert. Der Vergleich verschiedener Länder ermöglicht in diesem Zusammenhang eine kritische Reflektion nationaler Entwicklungen im Lichte internationaler Trends und Steuerungskulturen. Der vorliegende Beitrag liefert hierfür erste Anhaltspunkte auf der Basis europäischer Datengrundlagen.

## 5 Literatur

- Ackermann, W.; Schweiger, M. (2008): F+E-Vorhaben Indikatoren für die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt – Bericht zur PAG „Zersiedelungsindikator“. PAN Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH, München.
- Distelkamp, M.; Mohr, K.; Siedentop, S.; Ulrich, P. (2011): 30-ha-Ziel realisiert – Konsequenzen des Szenarios Flächenverbrauchsreduktion auf 30 ha im Jahr 2020 für die Siedlungsentwicklung. Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung. Bonn.
- Dosch, F. (2008): Siedlungsflächenentwicklung und Nutzungskonkurrenzen. TECHNIK-FOLGENABSCHÄTZUNG – Theorie und Praxis 17, S. 41-51.
- Einig, K.; Jonas, A.; Zaspel, B. (2009): Eignung von CORINE-Geodaten und Daten der Flächenerhebung zur Analyse der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland. Land Use Economics and Planning – Discussion Paper Series. University of Göttingen, Göttingen.
- Esswein, H. (2007): Der Landschaftszerschneidungsgrad als Indikator für Biodiversität? Treffpunkt Biologische Vielfalt 7. Karlsruhe, S. 157-164.

- European Environment Agency (2010): The European Environment – State and Outlook 2010: Land Use. European Environment Agency, Copenhagen.
- Ewing, R.; Pendall, R.; Chen, D. (2002): Measuring sprawl and its impact. Smart Growth America, Washington.
- Forman, R. T. T. (1995): Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gallego, F. J. (2010): A population density grid of the European Union. Population & Environment Volume 31, (Number 6), S. 460-473.
- Jäger, J.; Bertiller, R. (2006): Aufgaben und Grenzen von Messgrößen für die Landschaftsstruktur – das Beispiel Zersiedelung. In: Tanner, K. M.; Bürgi, M.; Coch, T. (Hrsg.): Landschaftsqualitäten. Festschrift für Prof. Dr. Klaus C. Ewald anlässlich seiner Emeritierung im Jahr 2006. Bern, Stuttgart, Wien.
- Kaule, G.; Siedentop, S. (2010): Nachhaltiges Flächenmanagement in Baden-Württemberg. Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Kahabka, H.; Lucera, L. (2008): Delivery Report European Mosaic. 2006 GMES Fast Track Service Precursor on Land Monitoring. infoterra GmH, Immenstaad.
- Keil, M.; Bock, M.; Esch, T.; Metz, A.; Nieland, S.; Pfitzner, A. (2010): CORINE Land Cover Aktualisierung 2006 für Deutschland. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum, Wessling.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2007): Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Massey, D. S.; Denton, N. (1988): The dimensions of residential segregation. Social Forces 67. S. 281-313.
- Meinel, G.; Schubert, I.; Siedentop, S.; Buchroithner, M. (2007): Europäische Siedlungsstrukturvergleiche auf Basis von CORINE Land Cover – Möglichkeiten und Grenzen. Proceedings RealCorp 2007, Wien.
- Schwappe-Kraft, B. (2007). Indikator zur Messung der Zersiedelung der Landschaft. Vorschlag eines einfachen, anschaulichen und zuverlässigen Indikators „effektiver Freiflächenanteil“ zur Messung der Zersiedelung der Landschaft. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- Siedentop, S.; Fina, S. (2010): Datengrundlagen zur Siedlungsentwicklung. Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung, Stuttgart.
- Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Forschungen, Heft 130. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.

- Statistisches Bundesamt (2010): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. DESTATIS Qualitätsbericht. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Tsai, Y.-H. (2005): Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban Studies* 42/1, S. 141-161.
- Umweltbundesamt (2004): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr – Materialienband. UBA-Texte 90/03. Umweltbundesamt, Berlin.
- Watts, R.; Compton, R.; McCammon, J.; Rich, C.; Wright, S.; Owens, M.; Ouren, D. (2007): Roadless Space of the Conterminous United States. *Science* 316, S. 736-738.

***ANHANG B-8: FINA, S. & SIEDENTOP, S. 2009. Steuerung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung mit negativplanerischen Instrumenten - Analyse und Bewertung des Instrumenteneinsatzes in vier Modellregionen. Land Use Economics and Planning - Discussion Paper Series No. 09-10. Göttingen: Professur für Wirtschaftspolitik und Mittelstandsforschung der Georg-August-Universität Göttingen.***

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT  
GÖTTINGEN



LAND USE ECONOMICS AND PLANNING  
– DISCUSSION PAPER SERIES  
Ökonomie und Planung der Flächennutzung  
– Diskussionspapier Reihe

Steuerung der Siedlungs- und  
Verkehrsflächenentwicklung mit  
negativplanerischen Instrumenten –  
Analyse und Bewertung des Instrumen-  
teneinsatzes in vier Modellregionen

Stefan Fina, Stefan Siedentop

Land Use Economics and Planning – Discussion Paper

No. 09-10

November 2009

ISSN 1866-6973

## IMPRESSUM

Professur für Wirtschaftspolitik und  
Mittelstandsforschung  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 3  
37073 Göttingen  
Tel. +49 551 39 4626  
Fax +49 551 39 19558,  
E-mail: [lehrstuhl.bizer@wiwi.uni-  
goettingen.de](mailto:lehrstuhl.bizer@wiwi.uni-goettingen.de)  
<http://www.uni-goettingen.de/de/64099.html>

ISSN 1866-6973

Chair of Economic Policy and SME Re-  
search  
University of Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 3  
37073 Göttingen  
Tel. +49 551 39 4626  
Fax +49 551 39 19558,  
E-mail: [lehrstuhl.bizer@wiwi.uni-  
goettingen.de](mailto:lehrstuhl.bizer@wiwi.uni-goettingen.de)  
<http://www.uni-goettingen.de/en/64099.html>

ISSN 1866-6973

**Steuerung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung  
mit negativplanerischen Instrumenten –  
Analyse und Bewertung des Instrumenteneinsatzes  
in vier Modellregionen**

**Stefan Fina\*, Stefan Siedentop \*\***

Land Use-Discussion Paper

No. 09-10

*November 2009*

\* Dipl.-Geogr. Stefan Fina, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS), Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart, Tel. ++49 711 685 66337, E-mail: [stefan.fina@ireus.uni-stuttgart.de](mailto:stefan.fina@ireus.uni-stuttgart.de)

\*\* Prof. Dr.-Ing. Stefan Siedentop, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung (IREUS), Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart, Tel. ++49 711 685 66332, E-mail: [stefan.siedentop@ireus.uni-stuttgart.de](mailto:stefan.siedentop@ireus.uni-stuttgart.de)

# **Steuerung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung mit negativplanerischen Instrumenten – Analyse und Bewertung des Instrumenteneinsatzes in vier Modellregionen**

## **Abstract**

Spatial planning attempts to protect certain areas from urbanization through land use restrictions and planning regulations. However, the efficiency of corresponding land use designations in terms of guiding and limiting urban land take has so far only rarely been the subject of more detailed research. This study is the first one to present GIS-based comparisons between the various instruments of restrictive planning in different regions across Germany. The key question is to what extent these restrictions actually limit urban growth, and which regulations are the most effective in terms of land conservation. Results for four case studies show the total land area that is neither protected by sector planning conservation schemes nor spatial planning designations (“greenfield potential”). On one hand, this paper introduces and describes the methodology to quantify the amount of developable land, on the other it presents the results for four regions that have been analyzed.

## **Keywords**

Regional planning, land use planning, regulatory planning, landscape protection

## **Zusammenfassung**

Mittels negativplanerischer Ziele und Grundsätze versucht die Raumordnung, bestimmte Gebiete vor einer baulichen Nutzung zu schützen. Restriktionen für die Siedlungsentwicklung ergeben sich darüber hinaus auch durch verschiedene fachplanerische Schutzgebietskategorien. Die potenzielle Steuerungswirksamkeit negativplanerischer Instrumente im Hinblick auf die Eindämmung der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsfläche war bislang nur selten Gegenstand vertiefender Untersuchungen. Mit der vorliegenden Studie wird erstmals eine regional vergleichende Analyse des negativplanerischen Instrumenteneinsatzes mit einem GIS-gestützten Verfahren durchgeführt. Gefragt wird, in welchem Umfang die zukünftige Siedlungsentwicklung durch negativplanerische Instrumente eingeschränkt wird und welche Instrumente dabei in welchem Maße beteiligt sind. Für vier Modellregionen wird der Gesamtumfang noch unbebauter Flächen ermittelt, deren potenzielle bauliche Nutzung nicht durch fachplanerische Schutzgebiete oder Raumordnungsgebiete eingeschränkt wird („Baulandpotenzial“). Vorgestellt werden der methodische Ansatz der sog. Baulandpotenzialanalyse und die für die vier Regionen erzielten Ergebnisse. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt für die Planungsregionen insgesamt wie auch für die regionsangehörigen Gemeinden.

## **Gliederung**

1. Einführung.....	1
2. Methodischer Ansatz.....	3
2.1 Methodik der Baulandpotenzialanalyse.....	3
2.2 Vorgehen im Rahmen des Forschungsvorhabens.....	5
3. Ergebnisse.....	7
3.1 Ergebnisse für die Region Düsseldorf.....	8
3.2 Ergebnisse für die Region Hannover.....	10
3.3 Ergebnisse für die Region Mittelhessen.....	11
3.4 Ergebnisse für die Region Südwestthüringen.....	12
3.5 Regionsübergreifende Wertung.....	14
4. Zusammenfassung und Bewertung.....	20
Literatur.....	22
Anhang I: Übersicht über die Flächenkategorien und ihre Flächenrelevanz.....	25
Anhang II: Übersicht über die Gemeindeergebnisse.....	29

## 1. Einführung

In den letzten Jahren wurden verstärkt Untersuchungen zur Steuerungswirksamkeit von Landes- und Regionalplänen zur Begrenzung der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke vorgenommen (Siedentop et al. 2009; Wiechmann/Siedentop 2009; Heiland et al. 2006; Siedentop/Kausch 2004; Siedentop et al. 2003; Wiechmann 2001; Bose 1995). Die meisten Arbeiten kommen dabei zu dem Ergebnis, dass die Raumordnung in der Vergangenheit nur bedingt in der Lage war, den Flächenverbrauch insgesamt zu verringern und eine ihren Grundsätzen und Zielen entsprechende räumliche Steuerung von Siedlungsvorhaben vorzunehmen. Nur sehr wenige Studien haben dabei allerdings instrumentenspezifische Wirkungsanalysen vorgenommen (siehe z.B. Heiland et al. 2006; Wiechmann/Siedentop 2009). Insbesondere die Wirksamkeit des freiraumschutzorientierten Instrumentariums war bislang nicht Gegenstand einer vertieften Untersuchung zu seiner direkten und indirekten Befähigung zur Mengen- und Standortsteuerung der Flächennutzung.

Bei den raumordnerischen Instrumenten zur Steuerung der Siedlungsentwicklung wird häufig zwischen positiv- und negativplanerischen Steuerungsansätzen unterschieden (Einig 2005; Siedentop in Bizer et al. 2008; siehe auch Tabelle 1). Mit positivplanerischen Zielen und Grundsätzen lenkt die Raumordnung die Ausweisung von Bauland für Siedlungszwecke unmittelbar. Positivplanung beinhaltet die mengenmäßige Regulierung des bauleitplanerischen Flächenausweisungsverhaltens der Kommunen (Mengensteuerung) wie auch die von den Gemeinden realisierte Standortwahl (Standortsteuerung). Die wichtigsten Instrumente der raumordnerischen Positivplanung sind die Ausweisung von Zentralen Orten und Siedlungsachsen, verbunden mit der Maßgabe einer Konzentration der Siedlungsentwicklung auf höherrangige Zentren und in den Achsenräumen.

Demgegenüber versucht die Raumordnung mittels negativplanerischer Ziele und Grundsätze, bestimmte Gebiete vor einer baulichen Nutzung zu schützen (Freiraumschutz). Häufig handelt es sich dabei um Funktionsflächen für den Biotop- und Artenschutz, den Schutz von Grundwasservorkommen, agrarische und forstliche Nutzungen, den Schutz mikroklimatisch wirksamer Flächen oder den allgemeinen Freiraumschutz. Unterschieden werden kann nach mono- und multifunktionalen Festlegungen zum Freiraumschutz (ausführlich hierzu Domhardt et al. 2006). Monofunktionale Festlegungen zielen auf den Schutz einzelner Freiraumfunktionen, während multifunktionale Festlegungen eine Vielzahl von Funktionen eines Gebietes zu schützen suchen. In ihren Rechtswirkungen lassen sich derartige – auch als „Raumordnungsgebiete“ bezeichneten – Plandarstellungen unterscheiden in Vorrang- und Vorbehaltsgebiete. Vorranggebieten kommt dabei der rechtliche Status eines Ziels der Raumordnung zu, während Vorbehaltsgebiete nur Grundsatzcharakter haben, damit der finalen Abwägung seitens der Planadressaten unterliegen.

Die Flächenausdehnung und der Flächenanteil von fachplanerisch festgesetzten Schutzgebieten und Raumordnungsgebieten können in Regionen mit hohem Naturpotenzial sehr hoch sein und die Möglichkeiten der Siedlungsentwicklung stark einschränken. Bedeutung kommt aber auch der planerischen Bereitschaft zu, die aus fachlicher Sicht schutzwürdigen Flächen uneingeschränkt dem bauleitplanerischen Zugriff (im Sinne von Siedlungserweiterungen) zu entziehen. In welchem Maße negativplanerische Instrumente mengen- und standortsteuernde Wirkung zukommt,

was bislang aber nach Kenntnis der Verfasser noch nicht Gegenstand einer systematischen Analyse.

Tab. 1: Systematisierung raumordnerischer Steuerungsanliegen zur Flächenverbrauchsreduktion (eigene Darstellung)

	positivplanerische Steuerung	negativplanerische Steuerung
Standortsteuerung	„Konzentrationspostulat“ – räumliche Konzentration der Siedlungsentwicklung in Zentralen Orten und Entwicklungsachsen	„Erhaltungspostulat“ – Schutz von regionalen Freiraumfunktionen vor Beeinträchtigungen durch Überbauung oder Zerschneidung
Mengensteuerung	„Sparsamkeitspostulat“ – Minimierung der Neuinanspruchnahme von Freiraum für Siedlungs- und Verkehrszwecke	„Entwicklungspostulat“ – Entwicklung von integrierten Schutzgebietssystemen mit festgelegtem Flächenanteil (z.B. als Biotopverbundsystem)

Im Kontext des Forschungsvorhabens „Designoptionen und Implementation von Raumordnungsinstrumenten zur Flächenverbrauchsreduktion“ (DoRiF) kommt der Frage der räumlichen Wirksamkeit negativplanerischer Instrumente eine weitere Bedeutung zu (Henger/Schröter-Schlaack 2008). So ist zu hinterfragen, ob und in welchem Maße die Einführung handelbarer Flächenausweisungsrechte in Konflikt mit raumordnerischen Zielsetzungen einer nachhaltigen, ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung treten kann (ausführlich hierzu Siedentop in Bizer et al. 2008, S. 110 ff.). Denkbar wäre, dass ein System handelbarer Flächenausweisungsrechte den Kommunen ermöglichen würde, neben der Zuteilung eines Basiskontingents an Flächenausweisungsrechten weitere Rechte auf einem freien Markt zu akquirieren und damit in einem Umfang Siedlungsflächen auszuweisen, der positiv- und negativplanerischen Zielen der Raumordnung zuwiderläuft. Zwar spricht die bloße Möglichkeit einer solchen Fallkonstellation nicht gegen das Instrument handelbarer Ausweisungsrechte, denn die betroffenen Gemeinden könnten die ihnen zugewiesenen Kontingente an andere Kommunen veräußern und mit den dadurch erzielten Einnahmen Innenentwicklungsprojekte finanzieren. Gleichwohl ist von hoher Bedeutung, den quantitativen Umfang von „negativ überplanten“ Flächen in den Modellregionen zu erfassen, um die Höhe der den Gemeinden zugebilligten Ausweisungsrechte bewerten zu können. Prinzipiell sollte daher das regionale Gesamtkontingent der noch ausweisbaren Flächen nicht höher sein als der Gesamtbestand der noch konfliktfrei bzw. konfliktarm für Siedlungszwecke nutzbaren Flächen. Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Untersuchung das Ziel einer regional vergleichenden Analyse des negativplanerischen Instrumenteneinsatzes mit einem GIS-gestützten Verfahren. In den vier im Rahmen des Forschungsvorhabens DoRiF untersuchten Modellregionen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- In welchem Umfang wird die zukünftige Siedlungsentwicklung durch negativplanerische Instrumente eingeschränkt? Welche Instrumente erweisen sich dabei als besonders flächenwirksam in dem Sinne, dass ein erheblicher Teil der regionalen Freiraumfläche betroffen ist?

- In welchem Umfang kann es unter einem Regime Handelbarer Flächenausweisungsrechte zu Situationen kommen, in denen Gemeinden Ausweisungsrechte akquirieren, ohne jedoch über planungsrechtliche Ausweisungsmöglichkeiten zu verfügen? Gefragt wird demnach nach den intraregionalen Verteilungswirkungen durch regionalplanerische Negativplanung.

Die Steuerungswirksamkeit negativplanerischer Ziele der Raumordnung wird in dieser Studie mit einer besonderen Form der Konfliktanalyse beurteilt, die in den Planungswissenschaften als „Baulandpotenzialanalyse“ bekannt ist (ausführlich hierzu Abschnitt 2.1). Mit einer Baulandpotenzialanalyse kann der Anteil der mit Blick auf die Ziele des regional- und fachplanerischen Freiraumschutzes als konfliktfrei bzw. konfliktarm bewerteten Freiraumfläche einer Region oder Kommune bestimmt werden. Das ermittelte „Baulandpotenzial“ repräsentiert dabei einen Flächenbestand im planerischen Außenbereich der Städte und Gemeinden, welcher nicht von fachplanerischen Festlegungen oder Raumordnungsgebieten mit Einschränkungen der baulichen Nutzbarkeit betroffen ist. Das Baulandpotenzial kann als absolute Flächengröße wie auch als prozentualer Anteil an der Gesamt- oder Freiraumfläche der Planungsregion und ihrer Gebietskörperschaften angegeben werden und ist ausdrücklich nicht mit den innerörtlichen Bauland- bzw. Entwicklungspotenzialen zu verwechseln. Bei Letzterem handelt es sich um Baulücken, Brachflächen und sonstige Innenentwicklungspotenziale innerhalb des Siedlungsbestandes einer Gebietskörperschaft. Baulandpotenziale im Sinne dieser Studie sind auch nicht deckungsgleich mit den in Flächennutzungsplänen ausgewiesenen Reserveflächen für zukünftige Siedlungserweiterungen. In F-Plänen dargestellte Bauflächen, die noch keiner Bebauung zugeführt wurden, werden jedoch in den allermeisten Fällen eine Teilmenge der in dieser Arbeit als „Baulandpotenzial“ adressierten Freiraumfläche einer Region sein.

Im Folgenden wird zunächst kurz auf die Methodik der Baulandpotenzialanalyse im Allgemeinen eingegangen, bevor der im Rahmen des Forschungsvorhabens DoRiF implementierte Ansatz näher vorgestellt wird. Erläutert werden der Dateneinsatz und die GIS-gestützte Datenprozessierung (Abschnitt 2). Abschnitt 3 stellt die Ergebnisse der für vier Modellregionen gewonnenen Ergebnisse vor. Dies beinhaltet eine ausführliche Darstellung und Bewertung der ermittelten Baulandpotenziale in den einzelnen Modellregionen und ihren zugehörigen Kommunen wie auch eine regional vergleichende Betrachtung. Abschnitt 4 bietet schließlich eine zusammenfassende Bewertung und ein Fazit mit Schlussfolgerungen für die instrumentelle Ausgestaltung Handelbarer Flächenausweisungsrechte. Die Anhänge 1 und 2 weisen die regionalen Gesamtergebnisse instrumenten- und gemeindespezifisch aus.

## **2. Methodischer Ansatz**

### **2.1 Methodik der Baulandpotenzialanalyse**

In grundsätzlicher Form lassen sich Baulandpotenzialanalysen der Methode der Eignungsbewertung (im Englischen Land Suitability Analysis) zuordnen. Eignungsbewertungen verfolgen den Zweck, die Eignung einer bestimmten Fläche für eine bestimmte Form der Flächennutzung mit einem spezifischen Eingriffs- und Wirkungspotenzial einzuschätzen. Der Ansatz richtet sich

wahlweise auf die systematische Identifikation möglicher Standorte für eine geplante Nutzung (Steiner et al. 2000) oder die vergleichende Bewertung vorab festgelegter Standortalternativen hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen. Grundlage ist dabei stets die kartographische Erfassung funktionaler Eigenschaften eines Raumes und deren räumliche Überlagerung (Contant/Wiggins 1993). Mit Hilfe von definierten Ausschluss- und Eignungskriterien können diejenigen Flächen abgegrenzt werden, die für eine bestimmte Nutzung als ungeeignet oder aber geeignet angesehen werden. Häufig werden dabei auch quantitative Gewichtungsfaktoren für einzelne Positiv- und Negativkriterien eingesetzt. Eignungsbewertungen werden vor allem im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung von Infrastrukturplanungen angetroffen. Durch ihren bewusst einfachen Verfahrensweg zeichnen sich Eignungsbewertungen durch eine hohe Transparenz und Nachvollziehbarkeit aus (ausführlich hierzu Siedentop 2002).

In Deutschland ist vor allem das von Kistenmacher et al. (1984) Mitte der 1980er Jahre ausgearbeitete und danach weiterentwickelte „Baulandpotenzialmodell“ bekannt geworden (siehe auch Kistenmacher et al. 1987; Kistenmacher et al. 1993, S. 87 ff.; Kistenmacher/Eberle 1986; Jacoby 1994; Schwarz-v. Raumer 1999; siehe auch Einig et al. 2002 mit einem umfassenden Überblick). Der Einsatz von Baulandpotenzialmodellen zielt auf eine Minimierung negativer Wirkungen baulicher Flächeninanspruchnahmen durch eine gezielte Auswahl der jeweils „konfliktärmsten Flächen“ im Rahmen der kommunalen Flächennutzungsplanung (Kistenmacher et al. 1993, S. 87). Der Anwendungsbereich der Baulandpotenzialanalyse erstreckt sich aber auch auf die Landes- und Regionalplanung (Regionalverband Mittlerer Oberrhein 1999; Domhardt/Hilligardt 2000; Bergfeld/Groß 2001).

Ausgangspunkt des Modells ist eine Restriktionsanalyse, in der Flächen mit „absoluten“ Restriktionen für die weitere Siedlungsentwicklung ermittelt werden. Die betreffenden Flächen werden als „Tabuflächen“ bei der weiteren Eignungs- und Konfliktbewertung ausgeschlossen. In einer anschließenden „Konfliktanalyse“ erfolgt für ausgewählte Baugebietsvarianten eine Bewertung der städtebaulichen Eignung sowie der möglichen Beeinträchtigung bestimmter Umweltfunktionen. Relevante negativplanerische Kategorien im Rahmen von Baulandpotenzialmodellen sind dabei insbesondere fachplanerisch festgesetzte Schutzgebiete sowie Raumordnungsgebiete mit freiraumschutzorientierten Zielen. Die auf ordinalen Skalen abgebildeten Einzelkonflikte werden entweder mit dafür gesondert definierten Werturteilen zusammengefasst (Kistenmacher/Eberle 1986, S. 32 f.) oder mit Hilfe eines „Bewertungsbaumes“ zu einem „Gesamtkonfliktpotenzial“ aggregiert (Kistenmacher et al. 1993, S. 94). Im Ergebnis kann eine relative Bewertung verschiedener Alternativstandorte vorgenommen werden.

In eine ähnliche Richtung weist die von Ringler (1997) durchgeführte „Ermittlung von Belastungsgrenzen zukünftiger Siedlungsentwicklung“. Hier wird der oben beschriebene Ansatz durch eine stärkere Berücksichtigung des Vorbelastungsniveaus der Umwelt ergänzt. Für ausgewählte Untersuchungsfelder werden Belastungsschwellen definiert, die zur Einschätzung der aktuellen Belastung (die Spannbreite reicht dabei von „sehr hoch“ bis „sehr gering“) einer bestimmten Fläche zugrunde gelegt werden. Bei festgestellter hoher Vorbelastung werden bestimmte Nutzungsformen der betreffenden Fläche im weiteren Verlauf des Planungsprozesses ausgeschlossen.

Im thematischen Kontext dieses Forschungsvorhabens wurde die Baulandpotenzialanalyse bereits in einer Studie von Böhm et al. (2002) eingesetzt und hier als „Abschichtung“ bezeichnet. Für den Nachbarschaftsverband Karlsruhe wurde ermittelt, welches Gesamtpotenzial an verfügbaren Flächen im Rahmen der (simulierten) Einführung eines Systems handelbarer Flächenausweisungsrechte vorhanden ist. Unterschieden wurden Tabuflächen und Flächen mit unterschiedlichen Vorrangstufen, welche Konflikte mit bestimmten Schutzgütern im Falle einer baulichen Nutzung anzeigen. Darüber hinaus wurden nur solche Flächen als Potenzial betrachtet, die innerhalb eines 200-Meter Puffers um die Siedlungsflächen und innerhalb eines 300-Meter Puffers um ÖPNV-Haltestellen gelegen sind. Im Ergebnis waren nur etwa 400 Hektar bzw. knapp 1% der Gesamtfläche des Nachbarschaftsverbands als Baulandpotenzial anzusehen. Bei einer durchschnittlichen jährlichen Inanspruchnahme von 70 Hektar in der Region Karlsruhe weisen die Autoren auf die absehbaren Grenzen eines landschaftsverträglichen Siedlungsflächenwachstums hin.

## **2.2 Vorgehen im Rahmen des Forschungsvorhabens**

Das hier angewendete Verfahren modifiziert den methodischen Gang der oben knapp skizzierten „klassischen“ Baulandpotenzialanalyse in einigen Punkten. So werden städtebauliche Eignungskriterien (wie z.B. die Erreichbarkeit von sozialen Infrastruktureinrichtungen oder von Zugangspunkten des ÖPNV) nicht berücksichtigt. Dies begründet sich im Wesentlichen mit einer nicht vollständigen Datenverfügbarkeit in diesem Bereich. Auch wird auf eine flächenhafte Bewertung der Konfliktintensität mit einer Konfliktskala verzichtet. Es wird allein bilanziert, welcher Flächenumfang (bzw. Flächenanteil) der Modellregionen und ihrer Kommunen von negativplanerischen Flächenfestlegungen betroffen ist. Allerdings werden dabei zwei Flächenkategorien unterschieden:

- Gebiete, in denen eine Ausweisung von neuem Bauland keinesfalls möglich ist („Tabuflächen“) und
- Gebiete, in denen eine Ausweisung von neuem Bauland Konflikte mit konkurrierenden Raumnutzungen bzw. -funktionen aufwirft, die aber in der finalen Abwägung der Träger der Bauleitplanung überwindbar sind („Konfliktflächen“). Auf eine weitere Skalierung der Konfliktintensität wird dabei allerdings verzichtet.

Wie eingangs erwähnt betrachtet die Baulandpotenzialanalyse ausschließlich Freiflächen im Außenbereich. Deshalb werden alle bereits besiedelten Flächen als „absolute“ Restriktionen (Tabuflächen) angesehen. Darüber hinaus werden vor allem Raumordnungsgebiete, die als Ziel der Raumordnung Ergebnis einer abschließenden raumordnerischen Abwägung sind, den Tabuflächen zugeordnet. Dies betrifft alle Gebietsfestlegungen im Status eines Vorranggebietes. Einbezogen werden darüber hinaus die nach Fachplanungsrecht strikt geschützten Gebiete im Außenbereich (z.B. Naturschutz- und Landschaftsschutzgebiete oder Schon- und Bannwälder).

Als Konfliktflächen werden Vorbehaltsgebiete (als Grundsatz der Raumordnung), aber auch Waldflächen, und sonstige raumordnerische Schutzkategorien des Freiraumschutzes adressiert (siehe hierzu ausführlich die Tabellen des Anhangs 1). Zusätzlich wurde davon ausgegangen, dass

Flächen mit mehr als 15% Hangneigung nicht als Standort für Siedlungserweiterungen in Frage kommen. Zwar wäre eine bauliche Erschließung solcher Flächen rein technisch gesehen möglich. Die hohen Erschließungskosten in Steillagen lassen indes deren Behandlung als „Konfliktflächen“ als geboten erscheinen.

Die Unterscheidung von Tabu- und Konfliktflächen orientiert sich – wie oben bereits angedeutet – allein an den Rechtsfolgen der jeweiligen Flächenfestlegungen für die Möglichkeit kommunaler Flächenausweisungen. Raumordnungsgebiete, die nach einhelliger Einschätzung keine einschränkenden Wirkungen für die Neuausweisung von Bauflächen haben, wurden nicht berücksichtigt. Die vorgenommenen Zuordnungen der Schutzgebiets- und Raumordnungsgebietsdarstellungen zur Kategorie „Tabuflächen“ und „Konfliktflächen“ wurden im Rahmen der im März und Mai 2009 durchgeführten Regionalworkshops mit Vertreterinnen und Vertretern der Modellregionen erörtert und anschließend angepasst.<sup>1</sup>

Die Berechnung des Baulandpotenzials vollzieht sich methodisch als simples Flächenabzugsverfahren (Abbildung 1). Von der Gesamtfläche der betrachteten Gebietskörperschaft werden zunächst die bestehenden Siedlungsflächen abgezogen. Es folgen die als Tabu- und Konfliktflächen kategorisierten Flächen. Die verbleibenden Freiraumflächen werden allerdings nicht pauschal als „Baulandpotenzial“ angesehen, weil hierunter auch Flächen zu finden sind, die sich in weitem Abstand zu den bestehenden Siedlungsflächen finden. Diese Flächen werden deshalb nicht als Baulandpotenzial angesehen, weil der Aufwand zu ihrer Erschließung unrealistisches Ausmaß annehmen würde. Insbesondere bei Wohnnutzungen kann stets von einem räumlichen Anschluss an den Siedlungsbestand ausgegangen werden. Aus diesem Grund werden die bestehenden Siedlungsflächen mit einem 500 Meter breiten Puffer versehen, allerdings unter Ausschluss von Kleinst- und Splittersiedlungen mit einer Flächengröße von weniger als 5 Hektar. Es wird davon ausgegangen, dass nur bei größerem Siedlungsbestand erweiterungsfähige Infrastrukturen vorhanden sind, die für effiziente Siedlungserweiterungen genutzt werden können. Im Vergleich zum Abschichtungsansatz von Böhm et al. (2002) wird hier ein bewusst weiterer Puffer verwendet, da bei gewerblichen Gebietsentwicklungen aus immissionschutzrechtlichen Gründen von einer gewissen Distanz zu bestehenden Siedlungsflächen ausgegangen werden kann. Als Baulandpotenzial werden letztlich die Freiraumflächen bezeichnet, die keinen Tabu- oder Konfliktstatus innehaben und die innerhalb eines 500-Meter Puffers lokalisiert wird. Allerdings wird neben dem Baulandpotenzial auch der Flächenanteil der tabu- und konfliktfreien Flächen nachrichtlich ausgewiesen (siehe hierzu Abschnitt 3).

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Begriff Baulandpotenzial im Sinne dieser Untersuchung nicht mit den in den Regionalplänen ausgewiesenen Vorrangflächen für Siedlungsentwicklung – mit Ausnahme der Region Südwestthüringen setzen alle Regionen ein solches positivplanerisches Instrument ein – übereinstimmt. Gleichwohl wurde ein Abgleich des Baulandpotenzials in der Definition dieser Studie mit dem Umfang regionalplanerisch dargestellter Vorrangflächen für Siedlungsentwicklung vorgenommen (siehe dazu Abschnitt 3.5).

---

<sup>1</sup> In den Workshops wurde insbesondere von Seiten der Regionalplanung darauf hingewiesen, dass den in den Plänen dargestellten Vorbehaltsflächen für Landwirtschaft (teilweise auch als „Vorsorgeflächen“ bezeichnet) keine Restriktivität bei Beurteilung von Siedlungsvorhaben zukommt. Daher wurden die betreffenden Flächen nicht als tabuisiert oder konfliktbehaftet bewertet.

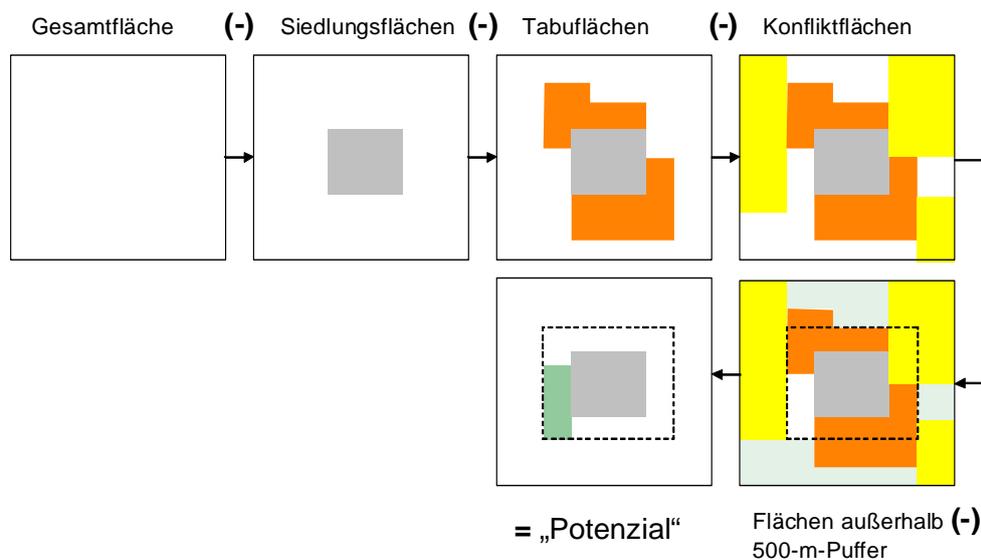


Abb. 1: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei Ermittlung des siedlungsnahen Baulandpotenzials (eigene Darstellung)

Dem auf diese Weise ermittelten Baulandpotenzial kann die in der jüngeren Vergangenheit realisierte und in die Zukunft fortgeschriebene Flächeninanspruchnahme für Siedlungszwecke gegenüber gestellt werden. Dies erlaubt eine Einschätzung, in welchem Zeitraum eine Gebietskörperschaft möglicherweise an die „Grenzen des Wachstums“ stößt. Als Wachstumsgrenze wird dabei ein Zustand angesehen, bei dem Siedlungserweiterungen nicht mehr auf konfliktfreien oder konfliktarmen Freiraumflächen möglich sind.

Auf ein grundsätzliches methodisches Problem der hier vorgenommenen Analysen sei an dieser Stelle abschließend hingewiesen. Es kann plausibel vermutet werden, dass die Abgrenzung von fachrechtlichen Schutzgebieten und Raumordnungsgebieten nicht allein aus umweltfachlicher Sicht erfolgt. Anzunehmen ist eine gewisse politische Rücksichtnahme auf die von Festlegungen betroffenen Gemeinden. Insbesondere bei Raumordnungsgebieten ist die finale Gebietsfestlegung nicht selten Gegenstand eines Abwägungs- und Aushandlungsprozesses seitens der beteiligten Planungsträger der Regional- und Bauleitplanung. Gebietsfestlegungen erfolgen dabei selten in einer Form, dass einer Gemeinde jegliche Erweiterungsmöglichkeiten ihres Siedlungsraumes verweigert werden. Damit nimmt aber die „regionale Steuerungskultur“ als die als noch tolerierbar angesehene Restriktivität des Instrumenteneinsatzes Einfluss auf das rechnerisch ermittelbare Baulandpotenzial. Dieser zweifelsohne verzerrende Effekt ist im Rahmen dieser Studie allerdings nicht näher quantifizierbar, muss aber bei der Diskussion der Ergebnisse berücksichtigt werden.

### 3. Ergebnisse

Die nachfolgend dokumentierten Potenzialberechnungen wurden mit den jeweils aktuellsten Informationen zu den fachrechtlich ausgewiesenen Schutzgebieten und Raumordnungsgebieten durchgeführt. Letztere beziehen sich auf folgende Regionalpläne:

- Gebietsentwicklungsplan Düsseldorf (1999),

- Regionales Raumordnungsprogramm Hannover (2005),
- Regionalplan Mittelhessen (Entwurf 2009),
- Regionaler Raumordnungsplan Südthüringen (1999)

Bei allen Regionalplänen wurden die durch förmliche Änderungsverfahren vollzogenen Veränderungen von Plandarstellungen berücksichtigt. Redaktionsschluss war hier etwa Frühjahr 2009.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt deutliche regionale Unterschiede in der Restriktionswirkung durch negativplanerische Instrumente der Regionalplanung, die zu gewissen Anteilen mit dem abweichenden naturräumlichen Potenzial, zum Teil aber sicher auch mit einer unterschiedlichen Planungskultur in den Regionen erklärt werden können. Zwar lassen sich die Regionsergebnisse nur bedingt vergleichen, da die Zuordnung von Planungsinstrumenten zu den beiden Kategorien „Tabu“ und „Konflikt“ einem gewissen Subjektivitätsgrad unterliegt und zudem nicht gänzlich sichergestellt werden kann, dass in allen Regionen alle fachlich relevanten Instrumente mit Freiraumschutzfunktion berücksichtigt werden konnten. Dies betrifft insbesondere Schutz- und Funktionsgebiete des Fachplanungsrechts. Dennoch wird hier die Meinung vertreten, dass sich aus den errechneten Zahlen durchaus belastbare Vergleiche des Instrumenteneinsatzes und der erzielten Instrumentenrestriktivität in den Regionen ableiten lassen. Die Restriktivität der eingesetzten Instrumente wird dabei allein mit dem ermittelten Flächenanteil als Anteil der von einer Schutzkategorie belegten Regionsfläche bewertet. Je höher dieser Anteil ausfällt, je höher wird die Restriktivität des Instruments eingeschätzt.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse für die Modellregionen im Einzelnen vorgestellt, bevor sich eine vergleichende und zusammenfassende Wertung anschließt (Abschnitt 3.5). Die für die Regionen jeweils ermittelten Flächenanteile einzelner Instrumente bzw. Flächenkategorien sind in Anhang II ausgewiesen<sup>2</sup>.

### 3.1 Ergebnisse für die Region Düsseldorf

Überraschenderweise wurde für die Region Düsseldorf als die am stärksten verdichtete und verstädterte Region der höchste Potenzialwert aller hier untersuchten Modellregionen errechnet. Insgesamt fast 10% der Gesamtfläche der Region Düsseldorf bzw. 14% der regionalen Freiraumfläche werden als siedlungsnahes Baulandpotenzial nach der Definition dieser Studie angesehen (Tabelle 2). Unter Einbeziehung der siedlungsfernen tabu- und konfliktfreien Freiraumflächen würde das Potenzial sogar 15% der Gesamtfläche bzw. knapp 21 % der gesamten Freiraumfläche betragen.

---

<sup>2</sup> Alle Angaben beruhen auf GIS-gestützten Flächenberechnungen in den Gauß-Krüger-Koordinatensystemen der jeweiligen Landesvermessungsverwaltungen der Modellregionen. Diskrepanzen im Vergleich zu den Gebietsgrößen der Flächenstatistik können in vernachlässigbarer Größenordnung durch die bedingte Flächentreue des Gauß-Krüger-Koordinatensystems auftreten, größere Abweichungen (> 1 Hektar) sind in Einzelfällen statistischen Artefakten oder Unstimmigkeiten zwischen der katasterbasierten Flächenstatistik und den Gebietsabgrenzungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (VG250) geschuldet.

Wird allerdings nur der Anteil tabufreier Freiraumfläche betrachtet, steht die Region Düsseldorf mit einem Anteil von 21,3% am Ende der vier Modellregionen. Der hohe Siedlungsflächenanteil (29,5%) und der Schutz von Freiflächen mit „harten“ Schutzkategorien sind hierfür verantwortlich. In keiner anderen Region ist mehr Freiraumfläche für Siedlungsvorhaben tabuisiert als in der Region Düsseldorf. Die relative Knappheit an Freiraum in dieser Region geht somit einher mit einem überdurchschnittlichen Schutzniveau des Freiraums. Die zusätzlichen Restriktionskategorien konfliktbehafteter Schutzflächen zeigen in Düsseldorf allerdings vergleichsweise geringe Flächenwirkung. Dies ist unter Umständen auch darauf zurückzuführen, dass – wie auch in der Region Hannover – der Siedlungsbestand mehrheitlich von landwirtschaftlichen Produktionsflächen umgeben ist, denen kein besonderer „Widerstand“ gegen Siedlungsvorhaben zugesprochen wird und die deshalb nicht als Konfliktflächen im Sinne dieser Studie behandelt werden (siehe hierzu auch Abschnitt 3.5). Zudem sind in der heterogenen Gemeindestruktur Düsseldorfs eine Vielzahl mittelstädtischer Siedlungskörper enthalten, in deren siedlungsnahem Freiraum durch eine vergleichsweise geringe Tabuisierung ein erhöhtes Zersiedelungspotenzial ersichtlich wird<sup>3</sup>.

Tab. 2: Übersicht über das Baulandpotenzial in der Region Düsseldorf (die prozentualen Werte beziehen sich auf die Gesamtfläche der Region Düsseldorf)

Flächenkategorie	Anteil
Gesamtfläche	100,0
Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungsfläche)	70,5
Tabufreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs- und Tabufläche)	21,3
Tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs-, Tabu- und Konfliktfläche)	14,8
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (= siedlungsnahes Baulandpotenzial)	9,8

Eine nähere Betrachtung der Daten lässt Rückschlüsse auf die individuelle Wirkung einzelner Instrumente zu. In der Region Düsseldorf kommt den Regionalen Grünzügen als Freiraumschutzinstrument besondere Bedeutung zu. Etwa 25% der Gesamtfläche der Region ist als Grünzug ausgewiesen. Erhebliche Bedeutung haben auch Landschaftsschutzgebiete (etwa 35%) und Gebiete für den Schutz der Natur (13%). FFH- und Vogelschutzgebiete schlagen zusammen mit etwa 9% der Gesamtfläche zu Buche.

Unter den Konfliktflächen ragen die Bereiche für Landschaft und Erholung mit einem Flächenanteil von über 50% heraus. Ebenfalls bedeutsam sind die Flächen im Biotopkataster (18,9%) sowie Flächen, die Teil der amtlichen Biotopverbundplanung sind (30,3%). Der Bewaldungsgrad der Region (18,9%) ist hingegen im regionalen Vergleich unterdurchschnittlich. Es sei hier darauf hingewiesen, dass sich diese Flächenkategorien räumlich überlagern können und dies in zahlreichen Fällen auch tun, so dass eine Addition der angegebenen Prozentwerte nicht statthaft ist.

Eine gemeindegrenze Betrachtung der Ergebnisse zeigt, dass in der Region Düsseldorf keine der insgesamt 66 Gemeinden über kein Baulandpotenzial verfügt. Nur drei Gemeinden weisen ein

<sup>3</sup> Bei der Definition des Siedlungspotenzials in Siedlungsnähe werden nur Siedlungskörper ab 5 Hektar Fläche in die Analyse einbezogen (= „Pufferwert“).

sehr geringes Baulandpotenzial von weniger als einem Prozent der Gesamtfläche auf. Durchschnittlich beträgt der gemeindliche Potenzialflächenanteil 11%.

Tab. 3: Gemeindeergebnisse für die Region Düsseldorf

Indikator	Wert
Anzahl der Gemeinden (n)	66
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (siedlungsnahes Baulandpotenzial) – prozentualer Mittelwert aller Gemeinden (Anteil an der Gesamtfläche)	11
Gemeinden mit einem siedlungsnahen Baulandpotenzial >0 und < 1% der Gesamtfläche (Anzahl)	3
Gemeinden ohne siedlungsnahes Baulandpotenzial (Anzahl)	0

### 3.2 Ergebnisse für die Region Hannover

Für die Region Hannover wurde ein siedlungsnahes Baulandpotenzial im Umfang von 9,8% an der Gesamtfläche der Region ermittelt – ein Wert, der dem Potenzialwert der Region Düsseldorf exakt gleichkommt (Tabelle 4). Ohne den Ausschluss von tabu- und konfliktfreien Flächen in größerer Entfernung zu den bestehenden Siedlungsflächen (> 500 m) würde der Potenzialflächenanteil knapp 18% betragen. Bezogen auf den noch verfügbaren Freiraumbestand der Region sind knapp 12% als (siedlungsnahes) Baulandpotenzial zu bezeichnen. Damit wird deutlich, dass, wie in der Region Düsseldorf, negativplanerische Steuerung in der Region Hannover nicht zu einer Einengung der zukünftigen siedlungsräumlichen Entwicklungsmöglichkeiten führt.

Tab. 4: Übersicht über das Baulandpotenzial in der Region Hannover (die prozentualen Werte beziehen sich auf die Gesamtfläche der Region Hannover)

Flächenkategorie	Anteil
Gesamtfläche	100,0
Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungsfläche)	83,5
Tabufreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs- und Tabufläche)	22,7
Tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs-, Tabu- und Konfliktfläche)	17,9
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (= siedlungsnahes Baulandpotenzial)	9,8

Zu den Instrumenten mit der stärksten Überplanungswirkung als sog. „Tabuflächen“ zählen in der Region Hannover<sup>4</sup>

- Landschaftsschutzgebiete (mit einem Anteil von 46% an der Gesamtfläche der Region),
- Vorranggebiete für Trinkwassergewinnung (mit einem Anteil von 23,1%)<sup>5</sup>,
- Vorranggebiete für Natur und Landschaft (mit einem Anteil von 17%),

<sup>4</sup> Hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass die genannten Werte nicht addiert werden können, da sich die Flächenkategorien räumlich überlagern.

<sup>5</sup> Bezüglich der Trinkwasserversorgung wurden die Autoren darauf hingewiesen, dass nur der Trinkwasserschutz der Kategorie I ein absolutes Tabukriterium darstellt. Die Angaben hier beruhen jedoch auf den Trinkwasserschutzkategorien I-III und sind deshalb deutlich höher als die in der Planungspraxis relevanten Gebiete.

- Vorranggebiete für Erholung (mit einem Anteil von 23%) und
- Vorranggebiete für Freiraumfunktionen (mit einem Anteil von 10%).

Die in der Praxis derzeit in vielen Regionen umstrittenen Vorranggebietsausweisungen für den vorbeugenden Hochwasserschutz nehmen dagegen nur einen Flächenanteil von unter 4% ein. Auch Vorranggebiete für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe sind unter rein quantitativen Gesichtspunkten mit einem Flächenanteil von 1,6% weniger bedeutsam. Deren „Konfliktsubstanz“ ergibt sich zweifelsohne weniger aus ihrer Flächenrelevanz als vielmehr aus ihren materiellen Wirkungen (im Sinne der Eingriffs- und Belastungsreichweite) oder ihren Rechtsfolgen.

Bei den Konfliktflächen nehmen die Vorsorgegebiete für Natur und Landschaft (35%), die Vorsorgegebiete für Erholung (fast 30%), die Vorsorgegebiete für Forstwirtschaft (21%) und die Waldflächen (20%) größere Anteile an. Dabei zeigt sich bei der Überlagerung, dass insbesondere die letzten beiden Kategorien weitgehend deckungsgleich sind.

Wie für die Region Düsseldorf kann auch für die Region Hannover festgestellt werden, dass negativplanerische Instrumente nicht zu einem vollständigen Ausschluss der zukünftigen siedlungsräumlichen Entwicklungsmöglichkeiten einzelner Gemeinden führen. Nur eine einzelne der insgesamt 20 Gemeinden der Region verfügt über ein sehr geringes siedlungsnahes Baulandpotenzial im Umfang von weniger als einem Prozent der Gesamtfläche. Der Mittelwert für alle Gemeinden liegt bei knapp 11%.

Tab. 5: Gemeindeergebnisse für die Region Hannover

Indikator	Wert
Anzahl der Gemeinden (n)	20
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (siedlungsnahes Baulandpotenzial) – prozentualer Mittelwert aller Gemeinden (Anteil an der Gesamtfläche)	11
Gemeinden mit einem siedlungsnahen Baulandpotenzial >0 und < 1% der Gesamtfläche (Anzahl)	1
Gemeinden ohne siedlungsnahes Baulandpotenzial (Anzahl)	0

### 3.3 Ergebnisse für die Region Mittelhessen

In der Region Mittelhessen wurde ein siedlungsnahes Baulandpotenzial im Umfang von lediglich 3,3% an der Gesamtfläche der Region ermittelt (Tabelle 6) – ein deutlich geringerer Wert als in den beiden zuvor behandelten Regionen. Bei Einbeziehung von tabu- und konfliktfreien Flächen in größerer Entfernung zu den bestehenden Siedlungsflächen (> 500 m) nimmt der Potenzialflächenanteil nur geringfügig auf 5,5% zu. Bezogen auf den noch verfügbaren Freiraumbestand der Region sind knapp 4% als (siedlungsnahes) Baulandpotenzial zu bezeichnen. Mit diesen Werten zeigt die Region Mittelhessen gemeinsam mit der Region Südwestthüringen den restriktivsten Einsatz negativplanerischer Instrumente. Dies kann in erster Linie auf das hohe naturräumliche Potenzial dieser Region zurückgeführt werden.

Bezüglich der Wirksamkeit der Einzelinstrumente bzw. Flächenkategorien ragen unter den „Tabuflächen“ die Vorranggebiete für Landwirtschaft mit einem Flächenanteil von 23% an der Gesamtfläche der Region sowie die Vogelschutzgebiete (18%), die Regionalen Grünzüge (15%), die Vorranggebiete für Natur und Landschaft (14%) und die FFH-Gebiete (11%) heraus. Wie in der

Region Hannover ist der durch Vorranggebiete für den vorbeugenden Hochwasserschutz belegte Flächenanteil der Region mit etwa 3% eher gering. Gleiches gilt noch weit ausgeprägter für Vorrangflächen für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe (etwa 0,4%).

Tab. 6: Übersicht über das Baulandpotenzial in der Region Mittelhessen (die prozentualen Werte beziehen sich auf die Gesamtfläche der Mittelhessen)

Flächenkategorie	Anteil
Gesamtfläche	100,0
Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungsfläche)	91,9
Tabufreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs- und Tabufläche)	34,2
Tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs-, Tabu- und Konfliktfläche)	5,5
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (= siedlungsnahes Baulandpotenzial)	3,3

Eine Besonderheit in der Region Mittelhessen (ebenso wie in der Region Südwestthüringen) besteht in der ausgeprägten Reliefenergie. Etwa 20% der Regionsfläche weist eine Hangneigung von mehr als 15% auf, was hier als oberer Grenzwert für die „Bebaubarkeit“ der Flächen definiert wurde.

Wie bereits für Düsseldorf und Hannover aufgezeigt, kann auch für Mittelhessen konstatiert werden, dass negativplanerische Instrumente nicht zu einem faktischen Entwicklungsausfall einzelner Gemeinden führen. Zwar fällt das durchschnittliche siedlungsnahes Baulandpotenzial der Gemeinden mit 3,5% der Gesamtfläche deutlich geringer aus als in den zuvor genannten Regionen. Aber auch in der Region Mittelhessen ist keine Gemeinde von einer Situation betroffen, dass ihr Siedlungsgebiet gänzlich von Schutz- und Raumordnungsgebieten mit restringierender Wirkung für die Siedlungsentwicklung umschlossen ist. Allerdings wurde für 9 Gemeinden ein sehr geringes Baulandpotenzial von weniger als einem Prozent der Gesamtfläche ermittelt.

Tab. 7: Gemeindeergebnisse für die Region Mittelhessen

Indikator	Wert
Anzahl der Gemeinden (n)	101
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (siedlungsnahes Baulandpotenzial) – prozentualer Mittelwert aller Gemeinden (Anteil an der Gesamtfläche)	3,5
Gemeinden mit einem siedlungsnahen Baulandpotenzial >0 und < 1% der Gesamtfläche (Anzahl)	9
Gemeinden ohne siedlungsnahes Baulandpotenzial (Anzahl)	0

### 3.4 Ergebnisse für die Region Südwestthüringen

Für die Region Südwestthüringen wurde der geringste Baulandpotenzialumfang aller vier Modellregionen, abgebildet mit dem Flächenanteil siedlungsnaher, tabu- und konfliktfreier Freiraumfläche, ermittelt. Lediglich ein Flächenanteil von 3% kann als Potenzial angesehen werden – ohne den Ausschluss siedlungsferner Flächen wären es etwa 6%. Bemerkenswert ist dies insofern, als dass die Region Südwestthüringen mit weniger als 7% den mit Abstand geringsten Siedlungsflächenanteil aufweist. Das Deutungsmuster, wonach ein überdurchschnittlicher Verstädterungsgrad

mit einem überdurchschnittlichen Schutzniveau der verbleibenden Freiraumflächen einhergeht, lässt sich im umgekehrten Sinne offensichtlich nicht auf unterdurchschnittlich besiedelte Regionen wie Südwestthüringen anwenden.

Bei genauerer Betrachtung können drei Ursachen für den im regionalen Vergleich unterdurchschnittlichen Baulandpotenzialwert dieser Region benannt werden. Auffällig ist erstens der im regionalen Vergleich überdurchschnittliche Anteil von Naturschutzflächen (als Schutz- oder Vorranggebiete). Die zweite Besonderheit betrifft die durch die Topographie bedingten Einschränkungen der Siedlungsentwicklung. Diese fallen in Südwestthüringen sogar noch stärker aus als in Mittelhessen. Insgesamt weist fast ein Drittel der gesamten Regionsfläche eine Hangneigung von mehr als 15% auf. Die dritte Ursache ist der hohe Waldanteil, der sich zum einen aus der naturräumlichen Vorprägung erklärt, sich allerdings auch über die entsprechenden Schutzkategorien hinaus ausdehnt.

Tab. 8: Übersicht über das Baulandpotenzial in der Region Südwestthüringen (die prozentualen Werte beziehen sich auf die Gesamtfläche der Region Südwestthüringen)

Flächenkategorie	Anteil
Gesamtfläche	100,0
Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungsfläche)	93,4
Tabufreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs- und Tabufläche)	36,3
Tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs-, Tabu- und Konfliktfläche)	6,1
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (= siedlungsnahes Baulandpotenzial)	3,0

Die für die Region Südwestthüringen ermittelten Gemeindeergebnisse stehen in scharfem Kontrast zu den Resultaten in den anderen Modellregionen. Denn in der Region Südwestthüringen verfügt fast die Hälfte aller 200 Gemeinden nicht über siedlungsnahes Baulandpotenziale im Außenbereich. Negativplanerischen Steuerungsinstrumenten kommen in dieser Region damit erhebliche intraregionale Verteilungswirkungen beim Siedlungsflächenwachstum zu. Ursächlich dürften einmal mehr der hohe Waldanteil sowie die ausgeprägte Topographie in diesem Teil Thüringens sein.

Tab. 9: Gemeindeergebnisse für die Region Südwestthüringen

Indikator	Wert
Anzahl der Gemeinden (n)	200
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (siedlungsnahes Baulandpotenzial) – prozentualer Mittelwert aller Gemeinden (Anteil an der Gesamtfläche)	2,9
Gemeinden mit einem siedlungsnahen Baulandpotenzial >0 und < 1% der Gesamtfläche (Anzahl)	21
Gemeinden ohne siedlungsnahes Baulandpotenzial (Anzahl)	99

### 3.5 Regionsübergreifende Wertung

Tabelle 10 und Abbildung 2 zeigen die Hauptergebnisse der Potenzialanalysen im regionalen Vergleich. Nicht unbedingt erwartet zeigt sich, dass das Baulandpotenzial in den hoch verdichteten Regionen (Düsseldorf und Hannover) deutlich höher ausfällt als in den Regionen mit geringerem Verdichtungsgrad. Aufgrund der relativ stärkeren Knappheit an regionaler Freiraumfläche wäre eher ein umgekehrtes Verhältnis von Verdichtung und Baulandpotenzial zu erwarten gewesen.

Diese Bewertung relativiert sich allerdings, wenn nur der Anteil tabufreier Freiraumfläche in den Regionen verglichen wird. Hier zeigt sich, dass dieser in den Regionen Mittelhessen und Südwestthüringen mit etwa einem Drittel deutlich höher ausfällt als in den Räumen Düsseldorf und Hannover (mit jeweils etwa 22%). Die Ursache liegt einerseits in den hohen Waldflächenanteilen und den hohen Flächenanteilen von Steilhanglagen in den Regionen Mittelhessen und Südwestthüringen. Beide Kategorien werden im Rahmen dieser Studie als Konflikt-, nicht als Tabuflächen behandelt. Eine zweite Ursache findet sich in den hohen Siedlungsflächenanteilen in den Regionen Düsseldorf und Hannover. In der Region Düsseldorf ist fast 30% der Regionsfläche bereits als Siedlungsfläche genutzt und auch der Siedlungsflächenanteil der Region Hannover (16,5%) ist überdurchschnittlich.

Dies erklärt auch die unterschiedliche Komposition "harter" und "weicherer" Instrumente des regionalen Freiraumschutzes. Während in den Regionen Düsseldorf und Hannover über 70% der gesamten Freiraumfläche der Region als „Tabu“ für Siedlungsvorhaben angesehen werden kann, sind dies in den Regionen Mittelhessen und Südwestthüringen lediglich 63 bzw. 61%. Eine erste Schlussfolgerung könnte lauten, dass in den beiden zuerst genannten Regionen zwar ein insgesamt geringerer Freiraumanteil mit negativplanerischen Kategorien überplant ist, dass aber das Schutzniveau des Freiraums (als höherer Anteil tabuisierter Flächen) dort aufgrund des erheblichen Siedlungsdrucks und der relativen Freiraumknappheit höher ist. Zudem besteht für landwirtschaftliche Produktionsflächen in Düsseldorf und Hannover kein Schutzstatus, in Mittelhessen und Südwest-Thüringen werden diese zumindest teilweise im Status von Vorranggebieten tabuisiert. Zusammen mit den Diskrepanzen hoher Waldanteile und topographisch nur schwerlich bebaubarer Flächen in Mittelhessen und Südwestthüringen wirkt sich dies auf das Verhältnis tabuisierter und konfliktbehafteter Flächen zueinander aus.

Die gemeindescharfen Auswertungen der Baulandpotenzialumfänge in den Modellregionen zeigen, dass dem negativplanerischen Freiraumschutzinstrumentarium nur in geringem Maße unmittelbare Verteilungswirkung auf die Flächeninanspruchnahme zukommt. Nur in der Region Südwestthüringen verfügt eine nennenswerte Anzahl von Gemeinden nicht über siedlungsnahe Baulandpotenziale, was ihre Möglichkeiten, neues Bauland auszuweisen, zweifelsohne hemmt. In allen anderen Regionen sind nur sehr wenige Gemeinden von geringen Baulandpotenzialen betroffen.

Tab. 10: Vergleich der Ergebnisse für alle vier Modellregionen

Flächenkategorie	Düsseldorf	Hannover	Mittelhessen	SW-Thüringen
Gesamtfläche	100	100	100	100
Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungsfläche)	83,5	70,5	91,9	93,4
Tabufreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs- und Tabufläche)	22,7	21,3	34,2	36,3
Tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (Gesamtfläche ohne Siedlungs-, Tabu- und Konfliktfläche)	17,9	14,8	5,5	6,1
Siedlungsnaher tabu- und konfliktfreie Freiraumfläche (= siedlungsnahes Baulandpotenzial)	9,8	9,8	3,3	3,0
Anteil der Gemeinden ohne siedlungsnahes Baulandpotenzial (als Anteil an allen Gemeinden in %)	0,0	0,0	0,0	49,5
<i>nachr.: Anteil der Siedlungsfläche an der Gesamtfläche (%)</i>	<i>29,5</i>	<i>16,5</i>	<i>8,1</i>	<i>6,6</i>
<i>nachr.: Anteil des siedlungsnahen Baulandpotenzials an der Freiraumfläche (%)</i>	<i>11,9</i>	<i>14,0</i>	<i>3,7</i>	<i>3,2</i>
<i>nachr.: Anteil der Tabuflächen an der Freiraumfläche (%)*</i>	<i>70,3</i>	<i>73,6</i>	<i>63,1</i>	<i>61,3</i>
<i>nachr.: Anteil der Konfliktflächen an der Freiraumfläche (%)*</i>	<i>71,0</i>	<i>61,0</i>	<i>83,8</i>	<i>85,6</i>
<i>nachr.: Anteil der Flächen mit Hangneigung &gt; 15% (%)</i>	<i>2,5</i>	<i>0,3</i>	<i>19,4</i>	<i>32,3</i>

\* Hinweis: da sich Tabu- und Konfliktflächen teilweise überlagern, dürfen beide Kategorien nicht summiert werden

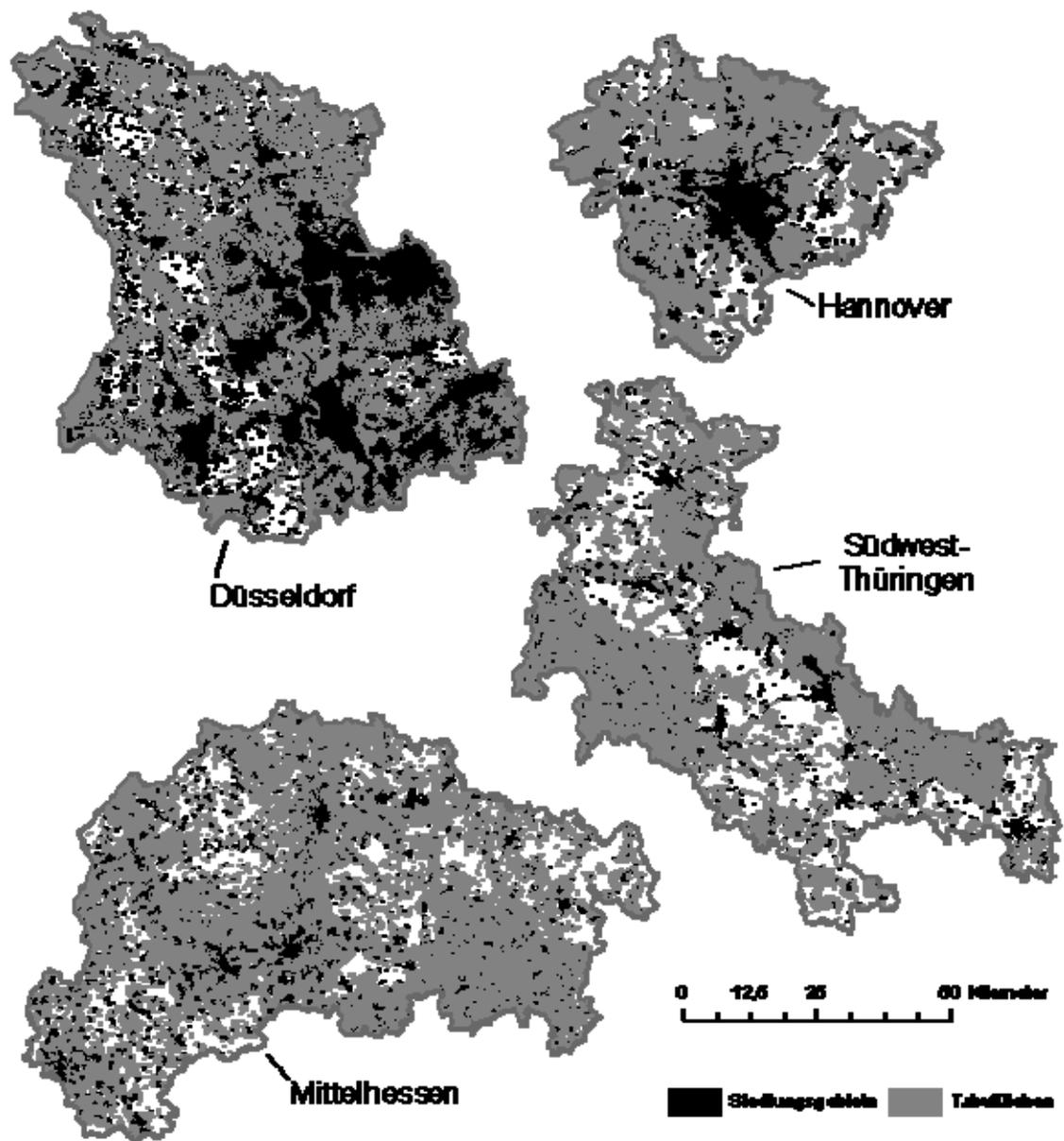


Abb. 2: „Tabuflächen“ in den Modellregionen (eigene Darstellung)

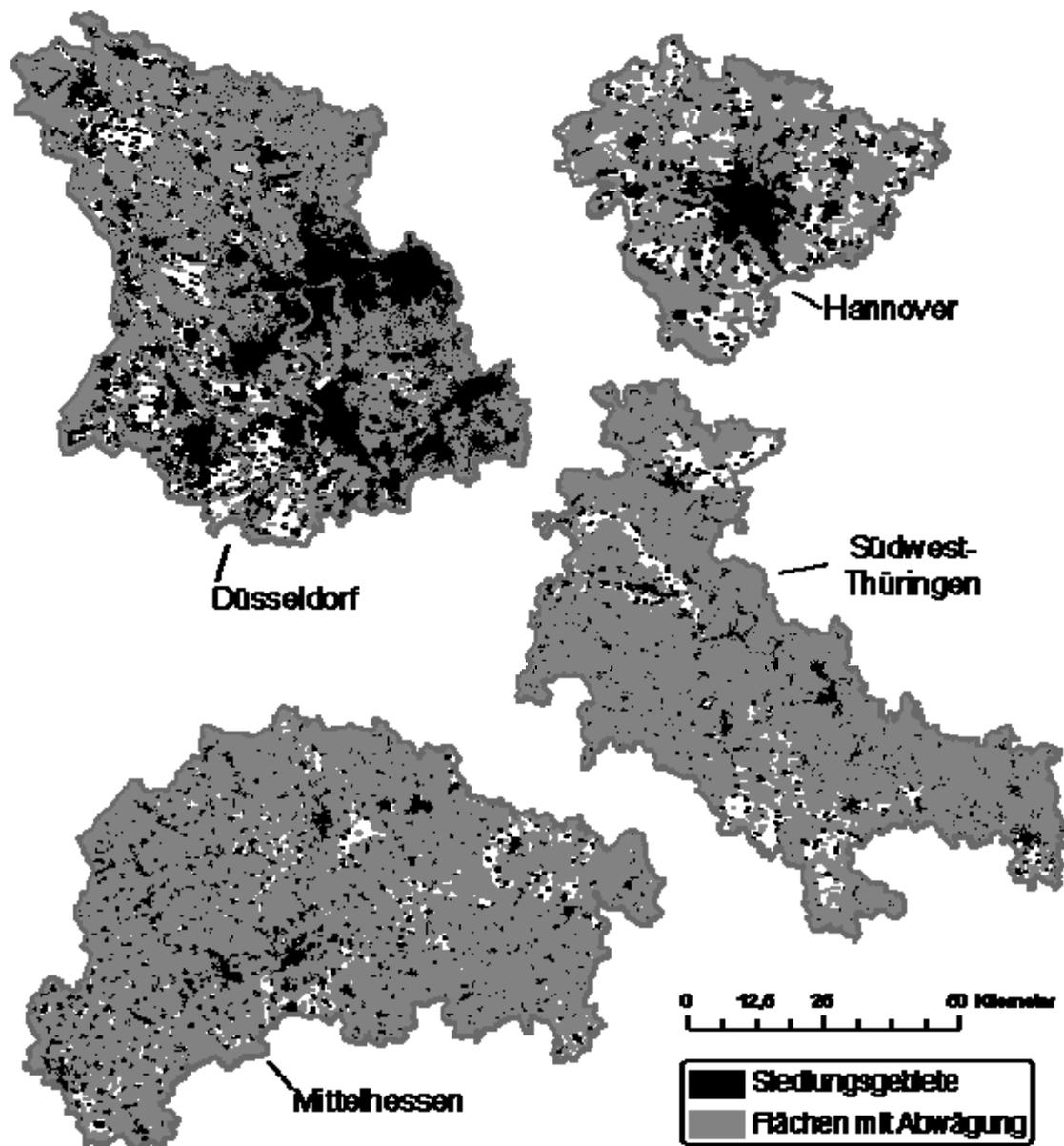


Abb. 3: Konfliktflächen in den Modellregionen (eigene Darstellung)

Deutliche Unterschiede im Instrumenteneinsatz und der Restriktionswirkung zeigen sich, wenn nach dem Schutzzweck Naturschutz, Gewässerschutz, Agrarflächenschutz sowie allgemeiner (multifunktionaler) Freiraumschutz differenziert wird (Tabellen 11 bis 14). Deutlich wird, dass der Anteil der durch Naturschutzflächen (z.B. Naturschutzgebiete oder Vorranggebiete für Natur und Landschaft) belegten Flächen in allen Regionen um ein Vielfaches höher ausfällt als die Flächenanteile der gewässerschutzorientierten Flächenkategorien oder des Agrarflächenschutzes.

Unterschiedliche Restriktivität zeigt vor allem der regionalplanerische Schutz von landwirtschaftlichen Böden mit hohem natürlichem Ertragspotenzial (Tabelle 13). Dem Schutz dieser Flächen kommt insofern hervorgehobene Bedeutung zu, als dass die Fachplanung Landwirtschaft im Gegensatz zur Forstwirtschaft nicht über eigene Flächenschutzinstrumente verfügt. Unter den hier untersuchten Modellregionen verfolgt die Region Mittelhessen den konsequentesten Flächen-

schutz – fast ein Viertel der Gesamtfläche ist als Vorranggebiet für Landwirtschaft im Regionalplan ausgewiesen. In der Region Südwestthüringen sind dies immerhin etwa 10%. Die Regionen Düsseldorf und Hannover setzen dagegen keine Raumordnungsgebiete zum Schutz landwirtschaftlicher Böden bzw. Flächen mit dem Status von Vorranggebieten ein.

Der extrem unterschiedliche Verdichtungsgrad der Regionen äußert sich in einer sehr unterschiedlichen Flächenausdehnung regionaler Grünzüge als multifunktionales Freiraumschutzinstrumentarium. Während in der hoch verdichteten Region Düsseldorf ein Viertel der gesamten Regionsfläche als Grünzug ausgewiesen ist, betrifft dies in der Region Südwestthüringen nur drei Prozent der Gesamtfläche (Tabelle 14).

Tab. 11: Anteil von Naturschutzflächen mit hoher Restriktivität (Tabu) in den vier Modellregionen (alle Angaben in % der Gesamtfläche)

Flächenkategorie	Düsseldorf	Hannover	Mittelhessen	SW-Thüringen
Naturschutzgebiete	5,1	3,3	1,1	3,4
Landschaftsschutzgebiete	35,4	46,1	3,2	32,6
FFH-Gebiete	4,0	7,2	10,7	12,0
Vogelschutzgebiete	5,1	8,6	18,4	12,6
Vorranggebiete für Natur und Landschaft	13,0	17,1	13,9	19,5
<i>insgesamt (mit räumlichen Überlagerungen)</i>	<i>43,5</i>	<i>51,1</i>	<i>27,2</i>	<i>44,9</i>

Tab. 12: Anteil von Gewässerschutzflächen mit hoher Restriktivität (Tabu) in den vier Modellregionen (alle Angaben in % der Gesamtfläche)

Flächenkategorie	Düsseldorf	Hannover	Mittelhessen	SW-Thüringen
Wasserschutzgebiete I & II	0,8	-	3,9	2,6
Vorranggebiet für Trinkwasserschutz	<sup>6</sup>	23,1 <sup>7</sup>		<sup>8</sup>
Vorranggebiete für den vorb. Hochwasserschutz	4,8 <sup>9</sup>	3,8	3,2	
Oberflächengewässer	2,9	2,1		
<i>insgesamt (mit räumlichen Überlagerungen)</i>	<i>8,1</i>	<i>28,3</i>	<i>6,9</i>	<i>2,6</i>

Tab. 13: Flächenausdehnung von Gebieten zum Schutz landwirtschaftlicher Böden in den vier Modellregionen (alle Angaben in % der Gesamtfläche)

Flächenkategorie	Düsseldorf	Hannover	Mittelhessen	SW-Thüringen
Vorranggebiet für Landwirtschaft	<sup>10</sup>	<sup>11</sup>	23,3	10,3

<sup>6</sup> Diese Kategorie ist in den Wasserschutzgebieten 1 und 2 enthalten.

<sup>7</sup> Diese Kategorie enthält Trinkwasserschutzgebiete I-III, deren Restriktivität als Tabufläche nicht übergreifend gegeben ist (siehe auch Fußnote 4).

<sup>8</sup> Diese Kategorie ist in den Wasserschutzgebieten 1 und 2 enthalten.

<sup>9</sup> In Düsseldorf als Überschwemmungsbereiche.

<sup>10</sup> Im Gebietsentwicklungsplan Düsseldorf werden „Allgemeine Freiraum- und Agrarbereiche“ ausgewiesen, die nach der Einschätzung der fachlich zuständigen Regionsvertreter aber keine restriktiven Wirkungen auf die Siedlungsentwicklung ausüben.

<sup>11</sup> Im Regionalen Raumordnungsprogramm Region Hannover werden Vorsorgegebiete für Landwirtschaft ausgewiesen, deren Schutzstatus in der finalen Abwägung überwindbar ist.

Tab. 14: Flächenanteil Regionaler Grünzüge in den vier Modellregionen  
(alle Angaben in % der Gesamtfläche)

Flächenkategorie	Düsseldorf	Hannover	Mittelhessen	SW-Thüringen
Regionale Grünzüge	25,1	10,0	14,5	2,9

Obwohl das Untersuchungsinteresse dieser Studie allein auf die Wirksamkeit negativplanerischer Steuerungsinstrumente gerichtet ist, sei an dieser Stelle der Umfang des „amtlichen“ Baulandpotenzials angesprochen, der seitens der Regionalplanung als Vorranggebiet für Siedlungsentwicklung ausgewiesen ist. Mit Ausnahme der Region Südwestthüringen setzen alle Modellregionen ein solches Instrument ein. Sehr unterschiedlich ist auch der Flächenumfang der regionalplanerisch präferierten Standorte für Siedlungserweiterungen. Während in der Region Hannover nur 0,2% der Gesamtfläche der Region als Vorranggebiet für Siedlungsentwicklung dargestellt sind, werden in der Region Düsseldorf 3,2% der Gesamtfläche als noch nicht überbauter Allgemeiner Siedlungsbereich ausgewiesen. Die Region Mittelhessen stellt 0,6% der Gesamtfläche als Siedlungsbereich (Zuwachs) dar. Aus diesem Vergleich sollte jedoch nicht einfach auf die Steuerungsphilosophie in den Planungsregionen rückgeschlossen werden. Denn bei den Rechtsfolgen der Standortplanung für neue Siedlungsvorhaben müssen Unterschiede angenommen werden. Dies betrifft insbesondere die Frage, ob neue Bauflächen allein innerhalb der dargestellten Gebiete zulässig sind.

Tab. 15: Flächenanteil von Vorranggebieten für Siedlungsentwicklung in den vier Modellregionen (alle Angaben in % der Gesamtfläche)

Flächenkategorie	Düsseldorf	Hannover	Mittelhessen	SW-Thüringen
Vorranggebiete für Siedlungsentwicklung	3,2	0,2	0,6	-

Stellt man abschließend das Baulandpotenzial einer Region der realen jährlichen Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke gegenüber, so zeigt sich, dass durch Negativplanung in keiner Region eine „indirekte Mengensteuerung“ betrieben wird. In keiner Region ist die negativplanerische Restriktivität in einer Weise ausgeprägt, als dass eine erkennbare Verknappungswirkung der zukünftigen Baulandproduktion anzunehmen wäre (Tabelle 16). Mit dem ermittelten Baulandpotenzial könnte die in den vergangenen Jahren (1996 – 2004) im jährlichen Mittel realisierte Flächeninanspruchnahme noch 19 Jahre (Region Hannover), 32 Jahre (Region Düsseldorf), 33 Jahre (Region Südwestthüringen) oder gar 58 Jahre (Region Mittelhessen) anhalten, bevor das ermittelte Baulandpotenzial „verbraucht“ wäre. Allerdings ist eine solche Bilanzierung rein quantitativer Art. Ob die aus gemeindlicher Sicht für Siedlungserweiterungen gut geeigneten Flächen als potenzielles Bauland planungsrechtlich verfügbar sind, war nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Auch ist darauf hinzuweisen, dass sich teilträumlich durchaus mengensteuernde Effekte der Siedlungsentwicklung in dem Sinne ergeben können, weil einzelne Gemeinden nicht über Möglichkeiten siedlungsnaher Baulandausweisungen verfügen.

Tabelle 16 zeigt auch, dass der mögliche Ausweisungsrahmen neuer Siedlungs- und Verkehrsflächen unter Annahme der Erreichung des 30-Hektar Ziels – hier modelliert mit dem BeFla-Indikator (Henger/Schröter-Schlaack 2008) – durch das jeweils verfügbare Baulandpotenzial

gedeckt ist. Die vollständige Ausschöpfung des Ausweisungsrahmens bis 2024 würde in allen Regionen weniger als 50% des ermittelten Baulandpotenzials beanspruchen.

Tab. 16: Gegenüberstellung von Baulandpotenzial und jährlicher Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke 1996 bis 2004 (eigene Berechnungen)

Flächenkategorie	Düsseldorf	Hannover	Mittelhessen	SW-Thüringen
Jährliche Inanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke (ha)	1.614	1.182	311	372
Siedlungsnahes Baulandpotenzial (ha)	51.820	22.500	17.940	12.330
Zeithorizont bis zum „Aufbrauchen“ des Baulandpotenzials bei gleich bleibender Flächeninanspruchnahme	32	19	58	33
Verfügbare Ausweisungsrahmen bis 2024 nach dem BeFla-Indikator (ha)* <sup>12</sup>	20.020	10.510	5.290	4.550

#### 4. Zusammenfassung und Bewertung

Die Ergebnisse zeigen insgesamt, dass der Negativplanung durch die Regionalplanung und durch den fachplanerischen Gebietsschutz erhebliche Steuerungswirksamkeit für die Siedlungsentwicklung zukommt. Dies betrifft allerdings weniger die Mengensteuerung als vielmehr die Standortlenkung kommunaler Siedlungsflächenplanung. Aufgezeigt wurde, dass das Baulandpotenzial im Sinne dieser Studie in allen Regionen Flächenausweisungen für Siedlungs- und Verkehrszwecke im durchschnittlichen jährlichen Umfang der jüngeren Vergangenheit über einen Zeitraum von mindestens 20 Jahren zulassen würde. Eine mengenmäßige Einengung kommunaler Flächenausweisungsspielräume durch die Raumordnung und die Fachplanungen kann damit nicht festgestellt werden. Die Steuerungswirksamkeit der Negativplanung ergibt sich eher aus der Einschränkung der Standortwahl neuer Siedlungserweiterungen. In den hier untersuchten Modellregionen sind zwischen 61 und 74% des gesamten Freiraumbestandes als „Tabufläche“ für die Siedlungsplanung anzusehen. Werden weitere Konfliktkategorien einbezogen, verringert sich der Planungsspielraum in standörtlicher Hinsicht weiter.

Zugleich wurde deutlich, dass innerhalb der Modellregionen erhebliche Abweichungen in der Wirksamkeit negativ-planerischer Kategorien festzustellen sind. Die Betroffenheit der Gemeinden durch Negativplanung weist erwartungsgemäß erhebliche Unterschiede aus. Allerdings sind mit Ausnahme der Region Südwestthüringen keine Gemeinden vollständig von restringierenden Flächendarstellungen der Regionalplanung oder von Schutzgebieten umschlossen. Diese Feststellung würde auch für Südwestthüringen zutreffen, würden hier nicht Waldflächen sowie Flächen mit einer Hangneigung von mehr als 15% pauschal als Konfliktflächen angesehen. Der Negativplanung kommt somit nur bedingt eine intraregionale Verteilungswirkung bei der Allokation neuer Siedlungsnutzungen zu. Dennoch zeigen die in dieser Studie vorgenommenen Potenzialanaly-

<sup>12</sup> Die hier dargestellten Werte beziehen auf die in Henger/Schröter-Schlaack (2008) errechneten BeFla-Werte für die Modellregionen ab 2012. Für den Zeitraum 2005 bis 2011 wurden die durchschnittlichen jährlichen Flächenausweisungsdaten der Jahre 1996 bis 2004 eingesetzt.

sen für einige Gemeinden die Grenzen eines landschaftsverträglichen Siedlungsflächenwachstums deutlich auf.

Mit Blick auf die mögliche Einführung handelbarer Flächenausweisungsrechte kann festgestellt werden, dass Negativplanung in den vier Modellregionen nicht zu einem Konflikt mit der – durch welchen Verteilungsschlüssel auch immer geregelt – Zuteilung von Ausweisungsrechten in dem Sinne führen kann, dass der einer Region zugewiesenen Ausweisungsmenge neuer Siedlungsnutzungen keine konfliktfreien Ausweisungsmöglichkeiten gegenüber stehen. Die mit dem BeFla-Indikator (siehe Henger/Schröter-Schlaack 2008) berechneten regionalen Ausweisungskontingente sind durch die in den Modellregionen verfügbaren Baulandpotenziale in jedem Fall gedeckt. In Regionen mit hohem Naturschutzpotenzial und hoher Reliefenergie kann es allerdings zu Situation kommen, wonach einzelne Gemeinden Ausweisungsrechte akquirieren könnten, ohne in ausreichendem Maße konfliktfreie Ausweisungsmöglichkeiten zu haben. Mit den im Rahmen dieser Studie erzielten Ergebnissen kann jedoch ausgesagt werden, dass dies mit Ausnahme der Region Südwestthüringen nur eine geringe Fallzahl von Gemeinden betrifft, so dass sich ein genereller Konflikt innerhalb eines Handelsregimes mit Ausweisungsrechten nicht erkennen lässt.

## Literatur

- Bergfeld, A., Groß, I.-B. (2001): Ausweis von Vorranggebieten für Industrieansiedlungen in Thüringen. In: *Raumforschung und Raumordnung*, Heft 2-3, S. 228-236.
- Bizer, K., Einig, K., Hansjürgens, B., Köck, W., Siedentop, S. (2008). *Handelbare Flächenausweisungsrechte – Anforderungsprofil aus ökonomischer, planerischer und juristischer Sicht*. Schriftenreihe Recht, Ökonomie und Umwelt 17. Nomos, Baden-Baden.
- Böhm, E., Nierling, L., Walz, R., Küpfer, C. (2002): *Vorstudie zur Ausgestaltung eines Systems handelbarer Flächenausweisungskontingente. Ansätze für Baden-Württemberg am Beispiel des Nachbarschaftsverbands Karlsruhe*. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung.
- Bose, Michael (1995): *Wirkungsanalyse eines stadtreionalen Siedlungsstrukturkonzeptes und Ansätze für eine Neuorientierung. Das Entwicklungsmodell für Hamburg und sein Umland*. Hamburg-Harburg: TU Hamburg-Harburg
- Contant, C.K., Wiggins, L.L. (1993): *Toward defining and assessing cumulative impacts: practical and theoretical considerations*. In: Hildebrand, S.G. u. Cannon, J.B. (Eds.): *Environmental analysis. The NEPA experience*, pp. 336-356. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Domhardt, H.-J. et al. (2006): *Freiraumschutz in Regionalplänen. Hinweise für eine zukunftsfähige inhaltliche und strukturelle Ausgestaltung*. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Werkstatt: Praxis, Heft 40).
- Domhardt, H.-J., Hilligardt, J. (2000): *Das "Gewerbeflächenpotenzialmodell Saarland"*. Zur Methodik von Flächenermittlung und -bewertung in der Raumplanung. In: *Raumforschung und Raumordnung* 1, S. 24-34.
- Einig (2005), *Flexibilisierung der Regionalplanung versus Einführung eines Systems handelbarer Flächenausweisungsrechte: Plädoyer für einen realpolitischen Ansatz*. In: *DISP* 160, S. 51.
- Einig, K., Siedentop, S., Reinke, M., Zinke, D., Weith, T., Kujath, H.-J. (2002): *Regionales Flächenmanagement. Ansatzpunkte für eine ressourcenschonende Siedlungsentwicklung (Abschlussbericht eines Forschungsvorhabens im Auftrag des BBR)*. Dresden/Erkner.
- Heiland, S. et al. (2006): *Beitrag naturschutzpolitischer Instrumente zur Steuerung der Flächeninanspruchnahme*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN-Skripten176).
- Henger, R., Schröter-Schlaack, C. (2008): *Designoptionen für den Handel mit Flächenausweisungsrechten in Deutschland*. Land Use Economics and Planning – Discussion Paper No. 08-02, Georg August-Universität Göttingen.
- Jacoby, C. (1994): *Baulandpotentialmodelle in der Stadt- und Regionalplanung - fundierte Basis für offene und kooperative Planungsprozesse*. In: Domhardt, H.-J., Jacoby, C. (Hrsg.): *Raum- und Umweltplanung im Wandel (Festschrift für Hans Kistenmacher)*. Kaiserslautern: Selbstverlag, S. 381-396.
- Jarvis A., H.I. Reuter, A., Nelson, E. Guevara (2008): *Hole-filled seamless SRTM data V4*, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>.

Kistenmacher, H., Eberle, D., Redlin, C. (1984): Zur besseren Vorbereitung der Wohnbaulandausweisung - Analysen und Vorschläge auf der Basis von Fallstudien aus der Region Südlicher Oberrhein. Werkstattbericht Nr. 10. Kaiserslautern: Universität Kaiserslautern.

Kistenmacher, H., Eberle, D. (1986): Umweltverträglichkeitsprüfungen für Wohnbaulandausweisungen in ländlichen Gemeinden. ARL-Arbeitsmaterial, Nr. 109. Hannover: Verlag der ARL.

Kistenmacher, H., Eberle, D., Busch, M. (1987): Methodischer Aufbau und planungspraktische Leistungsfähigkeit von Eignungsbewertungsmodellen für Wohnflächenausweisungen. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Flächenhaushaltspolitik. Ein Beitrag zum Bodenschutz. Forschungs- und Sitzungsberichte, Band 173, S. 231-267. Hannover: Curt R. Vincenz Verlag.

Kistenmacher, H., Eberle, D., Geyer, T., Busch, M., Stoffel, J. (1988): Vorschläge zur inhaltlichen und methodischen Verbesserung der Regionalplanung am Beispiel des Regionalen Raumordnungsplanes Südhessen. ARL-Beiträge, Band 108. Hannover: Curt R. Vincenz Verlag.

Kistenmacher, H., Jacoby, C., Mangels, K., Stoffel, J., Derichsweiler, M., Meinert, G., Decker, K., Schares, J. u. Spangenberg, V. (1993): Entwicklung von Modellen zur Durchführung einer Plan-UVP und von Instrumenten einer Flächenhaushaltspolitik für die Regionalplanung und die Bauleitplanung in Rheinland-Pfalz. Teiluntersuchung Aufgaben und methodische Ansätze einer Plan-UVP mit integrierenden Bausteinen einer Flächenhaushaltspolitik am Beispiel der Flächennutzungsplanung in Kaiserslautern und Landau in der Pfalz. Forschungsprojekt im Auftrag des Ministeriums für Umwelt Rheinland-Pfalz, Endbericht, Band 1. Kaiserslautern: unveröffentlicht.

Regionalverband Mittlerer Oberrhein (1999): Siedlungsstudie II. Schriftenreihe des Regionalverbands, Heft 123. Karlsruhe.

Ringler, H. (1997): Ermittlung von Belastungsgrenzen künftiger Siedlungstätigkeit am Beispiel der Stadt Karlsruhe. In: Sander, R. (Hrsg.): Flächensteuerung in Großstadregionen - Ansätze für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung. Dokumentation eines Seminars des Deutschen Instituts für Urbanistik am 28. und 29. Oktober 1996 in Berlin. Seminar-Dokumentation "Forum Stadtökologie", Heft 3, S. 85-93. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik.

Schwarz-v.Raumer, H.-G. (1999): GIS-gestützte sozioökonomisch-ökologische Bewertung urbaner Siedlungs- und Freiräume am Beispiel der Stadt Karlsruhe. In: Kilchenmann, A., Schwarz-v. Raumer, H.-G. (Hrsg.): GIS in der Stadtentwicklung. Methodik und Fallbeispiele. Berlin u.a., S. 207-244.

Siedentop, S. (2002): Kumulative Umweltwirkungen in der projekt- und planbezogenen Umweltverträglichkeitsprüfung – Grundlagen, Methoden, Beispiele. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung, Band 108. Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.

Siedentop, S., Junesch, R., Strasser, M., Zakrzewski, P., Samaniego, L., Weinert, J. (2009): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. Forschungen, Heft 139. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Forschungen, Heft 139).

Siedentop, S., Kausch, S. (2004): Die räumliche Struktur des Flächenverbrauchs in Deutschland. Eine auf Gemeindedaten basierende Analyse für den Zeitraum 1997 bis 2001. In: Raumforschung und Raumordnung, Heft 1, S. 36-49.

Siedentop, S. et al. (2003): Siedlungsstrukturelle Veränderungen im Umland der Agglomerationsräume. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR Forschungen, Band 114)

Steiner, F., McSherry, L., Cohen, J. (2000): Land suitability analysis for the upper Gila River watershed. In: Landscape and Urban Planning (50), pp. 199-214.

Wiechmann, T. (2001): Beiträge und Wirkungsmechanismen der Regionalplanung als Instrument zur Steuerung der Flächennutzung - ein zahnlöser Tiger? In: Flächenmanagement und Bodenordnung, Heft 1, S. 1-9.

Wiechmann, T., Siedentop, S. (2009): Wirkungsanalyse regionalplanerischer Stellungnahmen zum Freiraumschutz. Empirischer Ansatz und ausgewählte Ergebnisse für die Planungsregion Südwestthüringen. In: Egermann, M., Siedentop, S. (Hrsg.): Freiraumschutz durch Raumordnung. ARL-Arbeitsmaterial. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (im Erscheinen).

## Anhang I: Übersicht über die Flächenkategorien und ihre Flächenrelevanz<sup>13</sup>

**Tabelle A1: Tabuflächenkategorien in der Region Düsseldorf, (n=15)**

Kategorie	Anteil in ha	Anteil in %	Quelle
bestehende Siedlungsflächen	156387	29,55%	ATKIS
Flugplätze	2017	0,38%	GEP
Naturschutzgebiete	26733	5,05%	LANUV
Landschaftsschutzgebiete	187476	35,42%	LANUV
§ 62 Biotop	1726	0,33%	LANUV
FFH - Natura 2000 Gebiete	20944	3,96%	LANUV
Vogelschutzgebiete	26733	5,05%	LANUV
Freiraumfunktionen - Schutz der Natur	68944	13,03%	GEP
Gebiete zum Schutz der Natur (LEP)	61825	11,68%	LANUV
Freiraumfunktionen - Regionale Grünzüge	132741	25,08%	GEP
Oberflächengewässer (flächenhaft)	15575	2,94%	GEP
Freiraumfunktionen - Überschwemmungsbereiche	25521	4,82%	GEP
Wasserschutzgebiete I & II	4392	0,83%	LANUV
Aufschüttungen und Ablagerungen, Sicherung und Abbau oberflächennaher Rohstoffe	13076	2,47%	GEP
Luft und Lärm	19896	3,76%	LANUV

**Tabelle A2: Konfliktflächenkategorien in der Region Düsseldorf, (n=5)**

Kategorie	Anteil in ha	Anteil in %	Quelle
Waldflächen	99935	18,9%	ATKIS
Biotopkataster	99881	18,9%	LANUV
Biotopverbundflächen	160112	30,3%	LANUV
Freiraumfunktionen - Schutz Landschaft und landschaftsorientierte Erholung	275639	52,1%	GEP
Hangneigung > 15%	13366	2,5%	CIAT

<sup>13</sup> Die in den einzelnen Tabellen verwendeten Bezeichnungen beziehen sich auf die Originalbegrifflichkeiten der jeweiligen Regionalpläne und sind daher zwischen den Modellregionen nicht einheitlich.

**Tabelle A3: Tabuflächenkategorien in der Region Hannover“, (n=14)**

<b>Kategorie</b>	<b>Anteil in ha</b>	<b>Anteil in %</b>	<b>Quelle</b>
bestehende Siedlungsflächen	37867	16,48%	ATKIS
Flughafen	876	0,38%	ATKIS
Naturschutzgebiete	7671	3,34%	NLWKN
FFH-Gebiete	16448	7,16%	NLWKN
Brut- und Gastvögelgebiete	19784	8,61%	NLWKN
Landschaftsschutzgebiete	105786	46,05%	NLWKN
Vorranggebiete für Natur- und Landschaft	39284	17,10%	RROP
Vorranggebiete für Freiraumfunktionen	22927	9,98%	RROP
Vorranggebiet für ruhige Erholung in Natur und Landschaft			
Vorranggebiet für Erholung mit starker Inanspruchnahme durch die Bevölkerung	7376	3,21%	RROP
Oberflächengewässer (flächenhaft)	4921	2,14%	ATKIS
Vorranggebiet für Trinkwassergewinnung	52986	23,1%	RROP
Vorranggebiet für Hochwasserschutz	8827	3,8%	RROP
Vorranggebiet für Rohstoffgewinnung	19784	8,6%	RROP
Fluglärmszone 1 und 2	2778	1,2%	RROP

**Tabelle A4: Konfliktflächenkategorien in der Region Hannover“, (n=6)**

<b>Kategorie</b>	<b>Anteil in ha</b>	<b>Anteil in %</b>	<b>Quelle</b>
Waldflächen	45148	19,7%	ATKIS
Gebiete zur Vergrößerung des Waldanteils	8585	3,7%	RROP
Vorsorgegebiete für Forstwirtschaft	47259	20,6%	RROP
Vorsorgegebiet für Natur und Landschaft	81035	35,3%	RROP
Vorsorgegebiet für Erholung	67786	29,5%	RROP
Vorsorgegebiet für Hochwasserschutz	631	0,3%	RROP

**Tabelle A5: Tabuflächenkategorien in der Region Mittelhessen“, (n=15)**

<b>Kategorie</b>	<b>Anteil in ha</b>	<b>Anteil in %</b>	<b>Quelle</b>
bestehende Siedlungsflächen	43690	8,12%	ATKIS
Flughafen	56	0,01%	ATKIS
Naturschutzgebiete	5850	1,09%	HLUG
Landschaftsschutzgebiete	17269	3,21%	HLUG
FFH-Gebiete	57584	10,70%	HLUG
Vogelschutzgebiete	98842	18,36%	HLUG
Vorranggebiet für Natur und Landschaft	74830	13,90%	Regionalplan
Vorranggebiet Regionaler Grünzug	78092	14,51%	Regionalplan
Vorranggebiet für Landwirtschaft	125205	23,26%	Regionalplan
Wasserschutzgebiete I & II	20850	3,87%	HLUG
Vorranggebiet für den vorbeugenden Hochwasserschutz	17004	3,16%	Regionalplan
Vorranggebiet für Windenergienutzung Bestand	1677	0,31%	Regionalplan
Vorranggebiet für Windenergienutzung Planung	770	0,14%	Regionalplan
Vorranggebiet für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Bestand)	1522	0,28%	Regionalplan
Vorranggebiet für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten (Planung)	629	0,12%	Regionalplan

**Tabelle A6: Konfliktflächenkategorien in der Region Mittelhessen“, (n=8)**

<b>Kategorie</b>	<b>Anteil in ha</b>	<b>Anteil in %</b>	<b>Quelle</b>
Waldflächen / Vorranggebiet Forstwirtschaft	222344	41,3%	ATKIS
Vorbehaltsgebiet Forstwirtschaft	1439	0,3%	Regionalplan
Vorbehaltsgebiet für Natur und Landschaft	105453	19,6%	Regionalplan
Vorbehaltsgebiet für besondere Klimafunktionen	118250	22,0%	Regionalplan
Vorbehaltsgebiet für den Grundwasserschutz	200008	37,2%	Regionalplan
Vorbehaltsgebiet für den vorbeugenden Hochwasserschutz	2345	0,4%	Regionalplan
Vorbehaltsgebiet oberflächennaher Lagerstätten	18594	3,5%	Regionalplan
Hangneigung > 15%	104547	19,4%	

**Tabelle A7: Tabuflächenkategorien in der Region Südwestthüringen“, (n=12)**

Kategorie	Anteil in ha	Anteil in %	Quelle
bestehende Siedlungsflächen	26821	6,55%	ATKIS
Naturschutzgebiete	13796	3,37%	TLVA
Landschaftsschutzgebiete	133336	32,56%	TLVA
FFH - Natura 2000 Gebiete	49059	11,98%	TLVA
Vogelschutzgebiete	51438	12,56%	TLVA
Vorranggebiete für Natur und Landschaft	79727	19,47%	Regionaler Raumordnungsplan
Vorrang Regionale Grünzüge	12036	2,94%	Regionaler Raumordnungsplan
Vorranggebiete zum Schutz des Bodens als landwirtschaftliches Produktionsmittel	42063	10,27%	Regionaler Raumordnungsplan
Vorranggebiete für Aufforstung	804	0,20%	Regionaler Raumordnungsplan
Wasserschutzgebiete I & II	10491	2,56%	Naturschutz
Gebiete zur Nutzung der Windenergie	531	0,13%	Regionaler Raumordnungsplan
Vorranggebiete zur Sicherung und Gewinnung oberflächennaher mineralischer Rohstoffe	1671	0,41%	Regionalplan

**Tabelle A8: Konfliktflächenkategorien in der Region Südwestthüringen“, (n=7)**

Kategorie	Anteil in ha	Anteil in %	Quelle
Waldflächen	190242	46,5%	ATKIS
Biosphärenreservate	57344	14,0%	TLVA
Vorbehaltsgebiete für Natur und Landschaft	221506	54,1%	Regionaler Raumordnungsplan
Vorbehaltsgebiete für Aufforstung	284	0,1%	Regionaler Raumordnungsplan
Vorbehaltsgebiete für Fremdenverkehr und Erholung	276543	67,5%	Regionaler Raumordnungsplan
Vorbehaltsgebiete zur Sicherung und Gewinnung oberflächennaher mineralischer Rohstoffe	550	0,1%	Regionaler Raumordnungsplan
Hangneigung > 15%	132089	32,3%	

## Anhang II: Übersicht über die Gemeindeergebnisse

**Tabelle B1: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Düsseldorf**

Gemeinde	Gesamtfläche in Hektar <sup>14</sup>	Siedlungsfläche in Hektar	Siedlungsfläche in % der Gesamtfläche	siedlungsnahes Baulandpotenzial in Hektar	siedlungsnahes Baulandpotenzial in % der Gesamtfläche	siedlungsnahes Baulandpotenzial in % der Freiraumfläche
Alpen	5966	756	13%	928	15,6%	17,8%
Bedburg-Hau	6107	820	13%	1445	23,7%	27,3%
Brüggen	6146	791	13%	987	16,1%	18,5%
Dinslaken	4772	2019	42%	119	2,5%	4,4%
Dormagen	8523	2222	26%	491	5,8%	7,9%
Düsseldorf	21776	11704	54%	300	1,4%	3,0%
Duisburg	23223	14132	61%	319	1,4%	3,5%
Emmerich am Rhein	8110	1413	17%	1178	14,5%	17,9%
Erkrath	2698	1129	42%	62	2,3%	4,0%
Essen	21084	13918	66%	151	0,7%	2,1%
Geldern	9718	1763	18%	1398	14,4%	17,7%
Goch	11538	1816	16%	2102	18,2%	21,9%
Grefrath	3118	642	21%	557	17,9%	22,5%
Grevenbroich	10254	2283	22%	2305	22,5%	29,7%
Haan	2424	984	41%	128	5,3%	8,9%
Hamminkeln	16472	1637	10%	569	3,5%	3,8%
Heiligenhaus	2753	791	29%	294	10,7%	15,0%
Hilden	2584	1400	54%	92	3,5%	7,7%
Hünxe	10705	975	9%	271	2,5%	2,8%
Issum	5507	682	12%	679	12,3%	14,1%
Jüchen	7186	1063	15%	2154	30,0%	35,9%
Kaarst	3833	1157	30%	906	23,6%	33,8%
Kalkar	8795	941	11%	923	10,5%	11,7%
Kamp-Lintfort	6288	1412	22%	379	6,0%	7,8%
Kempen	6850	1383	20%	1361	19,9%	24,9%
Kerken	5808	582	10%	967	16,7%	18,5%
Kevelaer	10041	1517	15%	1385	13,8%	16,4%
Kleve	9816	2040	21%	1502	15,3%	19,3%
Korschenbroich	5518	1251	23%	1879	34,0%	44,0%
Kranenburg	7686	624	8%	626	8,2%	9,1%
Krefeld	13700	7000	51%	502	3,7%	7,5%
Langenfeld (Rhld.)	4169	1877	45%	137	3,3%	6,3%

<sup>14</sup> Die hier angeführten Werte entstammen den Flächenberechnungen der Geodaten auf der Grundlage der Landeskoordinatensysteme. Vereinzelt bestehen Diskrepanzen zu den amtlich ausgewiesenen Gebietsgrößen der Flächenstatistik (siehe auch Fußnote 2).

**Tabelle B1: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Düsseldorf**

Meerbusch	6524	1709	26%	540	8,3%	11,2%
Mettmann	4292	1068	25%	694	16,2%	21,5%
Moers	6797	3071	45%	383	5,6%	10,3%
Mönchengladbach	17116	7727	45%	2098	12,3%	22,9%
Monheim am Rhein	2276	887	39%	54	2,4%	4,2%
Mülheim a.d. Ruhr	9109	4942	54%	42	0,5%	1,0%
Nettetal	8324	1829	22%	1998	24,0%	30,8%
Neukirchen-Vluyn	4318	981	23%	200	4,6%	6,0%
Neuss	9855	4322	44%	1329	13,5%	24,0%
Niederkrüchten	6704	1240	18%	361	5,4%	6,9%
Oberhausen	7723	5471	71%	201	2,6%	8,9%
Ratingen	8846	2588	29%	323	3,7%	5,2%
Rees	10931	1129	10%	1151	10,5%	11,8%
Remscheid	7428	3017	41%	64	0,9%	1,5%
Rheinberg	7540	1369	18%	497	6,6%	8,0%
Rheurdt	3003	331	11%	267	8,9%	10,0%
Rommerskirchen	6017	538	9%	1673	27,8%	31,2%
Schermbach	11062	783	7%	297	2,7%	2,9%
Schwalmtal	4799	871	18%	582	12,1%	15,0%
Solingen	8948	4401	49%	95	1,1%	2,2%
Sonsbeck	5556	540	10%	728	13,1%	14,5%
Straelen	7406	1330	18%	1436	19,4%	23,9%
Tönisvorst	4404	989	22%	1129	25,6%	33,0%
Uedem	6087	555	9%	754	12,4%	13,6%
Velbert	7499	2477	33%	348	4,6%	6,9%
Viersen	9107	2673	29%	1514	16,6%	23,5%
Voerde (Niederhein)	5364	1529	28%	324	6,0%	8,4%
Wachtendonk	4807	465	10%	542	11,3%	12,5%
Weeze	7949	597	8%	446	5,6%	6,1%
Wesel	12240	2347	19%	1068	8,7%	10,8%
Willich	6842	1761	26%	1698	24,8%	33,4%
Wülfrath	3230	774	24%	547	16,9%	22,3%
Wuppertal	16845	7988	47%	424	2,5%	4,8%
Xanten	7290	1086	15%	923	12,7%	14,9%

**Tabelle B2: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Hannover**

Gemeinde	Gesamtfläche in Hektar	Siedlungsfläche in Hektar	Siedlungsfläche in % der Gesamtfläche	siedlungsnahes Baulandpotenzial in Hektar	siedlungsnahes Baulandpotenzial in % der Gesamtfläche	siedlungsnahes Baulandpotenzial in % der Freiraumfläche
Barsinghausen	10219	1359	13%	166	1,6%	1,9%
Burgdorf	11291	1189	11%	1087	9,6%	10,8%
Burgwedel	15231	971	6%	51	0,3%	0,4%
Garbsen	7934	1841	23%	824	10,4%	13,5%
Gehrden	4335	505	12%	343	7,9%	9,0%
Hannover	20449	13785	67%	807	3,9%	12,1%
Hemmingen	3168	602	19%	544	17,2%	21,2%
Isernhagen	5950	1085	18%	678	11,4%	13,9%
Laatzen	3481	1013	29%	198	5,7%	8,4%
Langenhagen	7106	1944	27%	303	4,3%	5,9%
Lehrte	12767	1707	13%	2099	16,4%	19,2%
Neustadt am Rübenberge	35941	2423	7%	3683	10,2%	11,1%
Pattensen	6735	598	9%	1059	15,7%	17,9%
Ronnenberg	3783	648	17%	814	21,5%	26,0%
Seelze	5426	971	18%	907	16,7%	20,4%
Sehnde	10318	954	9%	2446	23,7%	26,7%
Springe	15943	1349	8%	2174	13,6%	15,3%
Uetze	14126	1191	8%	2385	16,9%	18,7%
Wedemark	17462	1534	9%	456	2,6%	2,9%
Wennigsen (Deister)	5359	556	10%	419	7,8%	8,7%
Wunstorf	12597	1628	13%	1053	8,4%	9,9%

**Tabelle B3: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Mittelhessen**

Gemeinde	Gesamtfläche in Hektar	Siedlungsfläche in Hektar	Siedlungsfläche in % der Gesamtfläche	siedlungsnahes Baulandpotenzial in Hektar	siedlungsnahes Baulandpotenzial in % der Gesamtfläche	siedlungsnahes Baulandpotenzial in % der Freiraumfläche
Allendorf (Lumda)	2219	172	8%	28	1,3%	1,4%
Alsfeld	12968	914	7%	730	5,6%	6,1%
Amöneburg	4369	203	5%	64	1,5%	1,5%
Angelburg	1694	192	11%	122	7,2%	8,1%
Antrifttal	2637	126	5%	55	2,1%	2,2%
Aßlar	4426	507	11%	65	1,5%	1,7%
Bad Camberg	5457	512	9%	114	2,1%	2,4%
Bad Endbach	3998	339	8%	303	7,6%	8,3%
Beselich	3188	296	9%	76	2,4%	2,6%
Biebertal	4438	369	8%	103	2,3%	2,5%
Biedenkopf	9078	626	7%	73	0,8%	0,9%
Bischoffen	3548	181	5%	183	5,2%	5,4%
Braunfels	4698	517	11%	146	3,1%	3,5%
Brechen	2492	214	9%	94	3,8%	4,1%
Breidenbach	4496	327	7%	274	6,1%	6,6%
Breitscheid	3133	212	7%	66	2,1%	2,3%
Buseck	3882	454	12%	196	5,0%	5,7%
Cölbe	2633	249	9%	69	2,6%	2,9%
Dautphetal	7135	575	8%	398	5,6%	6,1%
Dietzhöztal	3747	289	8%	98	2,6%	2,8%
Dillenburg	8356	918	11%	140	1,7%	1,9%
Dornburg	3321	380	11%	206	6,2%	7,1%
Driedorf	4722	282	6%	156	3,3%	3,6%
Ebsdorfergrund	7216	442	6%	270	3,7%	4,0%
Ehringshausen	4563	392	9%	108	2,4%	2,6%
Elbtal	1097	126	12%	84	7,6%	8,6%
Elz	1693	280	17%	31	1,9%	2,3%
Eschenburg	4602	471	10%	245	5,3%	5,9%
Feldatal	5557	208	4%	125	2,3%	2,3%
Fernwald	2144	256	12%	68	3,2%	3,6%
Freiensteinau	6668	261	4%	368	5,5%	5,9%
Fronhausen	2834	186	7%	21	0,7%	0,8%
Gemünden (Felda)	5522	181	3%	201	3,6%	3,8%
Gießen	7215	2272	31%	157	2,2%	3,2%
Gladenbach	7310	583	8%	660	9,0%	9,8%
Grebenau	5556	187	3%	268	4,8%	5,0%
Grebenhain	9193	380	4%	212	2,3%	2,4%
Greifenstein	6751	354	5%	353	5,2%	5,5%
Grünberg	8914	630	7%	630	7,1%	7,6%

**Tabelle B3: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Mittelhessen**

Hadamar	4088	458	11%	106	2,6%	2,9%
Haiger	10608	827	8%	288	2,7%	3,0%
Herborn	6326	867	14%	140	2,2%	2,6%
Herbstein	8014	305	4%	158	2,0%	2,1%
Heuchelheim	1082	295	27%	34	3,2%	4,4%
Hohenahr	4661	240	5%	118	2,5%	2,7%
Homburg (Ohm)	8882	415	5%	200	2,3%	2,4%
Hünfelden	6209	383	6%	353	5,7%	6,2%
Hungen	8588	632	7%	46	0,5%	0,6%
Hüttenberg	4007	402	10%	123	3,1%	3,4%
Kirchhain	9079	642	7%	405	4,5%	4,8%
Kirtorf	7974	205	3%	32	0,4%	0,4%
Lahnau	2352	282	12%	35	1,5%	1,7%
Lahntal	4076	256	6%	68	1,7%	1,8%
Langgöns	5226	502	10%	357	6,8%	7,7%
Laubach	9648	453	5%	130	1,3%	1,4%
Lauterbach (Hessen)	10239	719	7%	404	3,9%	4,2%
Lautertal (Vogelsberg)	5341	197	4%	23	0,4%	0,4%
Leun	2900	250	9%	66	2,3%	2,5%
Lich	7775	522	7%	204	2,6%	2,9%
Limburg a.d. Lahn	4512	1302	29%	326	7,2%	10,5%
Linden	2357	383	16%	93	3,9%	4,7%
Löhnberg	3412	200	6%	89	2,6%	2,8%
Lohra	4919	270	5%	327	6,7%	7,0%
Lollar	2193	335	15%	16	0,7%	0,9%
Marburg	12347	2037	16%	446	3,6%	4,3%
Mengerskirchen	3097	261	8%	145	4,7%	5,2%
Merenberg	2334	181	8%	273	11,7%	12,7%
Mittenaar	3527	224	6%	68	1,9%	2,1%
Mücke	8655	539	6%	524	6,1%	6,5%
Münchhausen	4166	203	5%	67	1,6%	1,7%
Neustadt (Hessen)	5729	392	7%	281	4,9%	5,3%
Pohlheim	3790	530	14%	281	7,4%	8,8%
Rabenau	4307	236	5%	107	2,5%	2,6%
Rauschenberg	6710	232	3%	39	0,6%	0,6%
Reiskirchen	4494	438	10%	182	4,0%	4,5%
Romrod	5439	189	3%	226	4,2%	4,3%
Runkel	4288	437	10%	85	2,0%	2,2%
Schlitz	14110	515	4%	222	1,6%	1,7%
Schöffengrund	3428	291	9%	144	4,2%	4,6%
Schotten	13410	583	4%	74	0,6%	0,6%
Schwalmtal	5437	231	4%	177	3,3%	3,4%
Selters (Taunus)	4062	283	7%	238	5,9%	6,4%
Siegbach	2910	134	5%	138	4,7%	5,0%

**Tabelle B3: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Mittelhessen**

Sinn	1880	275	15%	60	3,2%	3,7%
Solms	3418	570	17%	47	1,4%	1,7%
Stadtallendorf	7769	1176	15%	207	2,7%	3,1%
Staufenberg	2836	254	9%	41	1,5%	1,6%
Steffenberg	2389	205	9%	88	3,7%	4,0%
Ulrichstein	6566	241	4%	129	2,0%	2,0%
Villmar	4274	281	7%	126	2,9%	3,2%
Waldbrunn (Wes- terwald)	2957	255	9%	183	6,2%	6,8%
Waldsolms	4492	209	5%	202	4,5%	4,9%
Wartenberg	3908	223	6%	138	3,5%	3,8%
Weilburg	5686	726	13%	212	3,7%	4,3%
Weilmünster	7751	432	6%	351	4,5%	4,9%
Weimar (Lahn)	4689	323	7%	51	1,1%	1,2%
Weinbach	3768	216	6%	242	6,4%	6,8%
Wettenberg	4308	421	10%	78	1,8%	2,0%
Wetter (Hessen)	10384	423	4%	153	1,5%	1,5%
Wetzlar	7459	1968	26%	207	2,8%	3,8%
Wohratal	3059	138	4%	7	0,2%	0,2%

**Tabelle B4: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Südwestthüringen**

Gemeinde	Gesamtfläche in Hektar	Siedlungsfläche in Hektar	Siedlungsfläche in % der Gesamtfläche	siedlungsnahes Baulandpotenzial in Hektar	siedlungsnahes Baulandpotenzial in % der Gesamtfläche	siedlungsnahes Baulandpotenzial in % der Freiraumfläche
Ahlstädt	231	8	3%	0	0,0%	0,0%
Altersbach	308	28	9%	0	0,0%	0,0%
Andenhausen	168	5	3%	0	0,0%	0,0%
Aschenhausen	370	11	3%	0	0,0%	0,0%
Auengrund	3695	233	6%	130	3,5%	3,8%
Bachfeld	1068	33	3%	0	0,0%	0,0%
Bad Colberg-Heldburg	5292	184	3%	2	0,0%	0,0%
Bad Liebenstein	1738	203	12%	137	7,9%	8,9%
Bad Salzungen	3923	623	16%	535	13,6%	16,2%
Barchfeld	1089	185	17%	138	12,7%	15,3%
Bauerbach	619	18	3%	0	0,0%	0,0%
Behringen	7884	227	3%	462	5,9%	6,1%
Behrungen	1393	42	3%	23	1,6%	1,7%
Beinerstadt	691	27	4%	0	0,0%	0,0%
Belrieth	982	19	2%	5	0,5%	0,5%
Benshausen	2583	158	6%	0	0,0%	0,0%
Berka v. d. Hainich	1500	34	2%	17	1,1%	1,1%
Berka/Werra	5734	345	6%	575	10,0%	10,7%
Berkach	761	29	4%	74	9,7%	10,1%
Bermbach	620	35	6%	0	0,0%	0,0%
Bibra	954	41	4%	106	11,1%	11,6%
Birx	264	8	3%	0	0,2%	0,2%
Bischofrod	555	11	2%	0	0,0%	0,0%
Bischofroda	1001	46	5%	20	2,0%	2,1%
Bockstadt	578	26	5%	0	0,0%	0,0%
Breitungen/Werra	4414	306	7%	270	6,1%	6,6%
Brotterode	2369	146	6%	0	0,0%	0,0%
Brünn/Thür.	615	29	5%	82	13,3%	13,9%
Brunnhartshausen	1051	34	3%	0	0,0%	0,0%
Buttlar	2095	95	5%	0	0,0%	0,0%
Christes	1565	48	3%	0	0,0%	0,0%
Creuzburg	3533	145	4%	3	0,1%	0,1%
Dankmarshausen	1120	114	10%	78	6,9%	7,7%
Dermbach	2364	209	9%	0	0,0%	0,0%
Diedorf/Rhön	456	20	4%	0	0,0%	0,0%
Dillstädt	1384	73	5%	37	2,7%	2,8%
Dingsleben	866	19	2%	139	16,1%	16,5%
Dippach	579	65	11%	46	7,9%	8,9%
Dorndorf	1265	166	13%	120	9,5%	10,9%

**Tabelle B4: Ausgewählte Gemeindergebnisse Südwestthüringen**

Ebenshausen	269	21	8%	0	0,0%	0,0%
Effelder-Rauenstein	4068	215	5%	4	0,1%	0,1%
Ehrenberg	201	13	7%	0	0,0%	0,0%
Eichenberg	447	10	2%	0	0,0%	0,0%
Einhausen	512	34	7%	49	9,5%	10,2%
Eisenach	10487	1460	14%	972	9,3%	10,8%
Eisfeld	4377	396	9%	168	3,8%	4,2%
Ellingshausen	661	12	2%	10	1,5%	1,5%
Empfertshausen	440	40	9%	0	0,0%	0,0%
Erbenhausen	2025	48	2%	0	0,0%	0,0%
Ettenhausen a.d. Suhl	524	22	4%	52	9,9%	10,4%
Exdorf	1666	34	2%	77	4,6%	4,7%
Fambach	1206	124	10%	92	7,6%	8,5%
Fischbach/Rhön	695	31	4%	0	0,0%	0,0%
Floh-Seligenthal	6807	421	6%	0	0,0%	0,0%
Föritz	3291	224	7%	403	12,3%	13,2%
Frankenheim/Rhön	910	42	5%	0	0,0%	0,0%
Frankenroda	700	23	3%	0	0,0%	0,0%
Frauensee	1992	70	4%	0	0,0%	0,0%
Friedelshausen	755	27	4%	0	0,0%	0,0%
Geisa	4140	223	5%	0	0,0%	0,0%
Gerstengrund	471	4	1%	0	0,0%	0,0%
Gerstungen	7562	357	5%	164	2,2%	2,3%
Gleichamberg	4665	254	5%	422	9,0%	9,6%
Goldisthal	2076	23	1%	18	0,9%	0,9%
Gompertshausen	1485	36	2%	0	0,0%	0,0%
Grimmelshausen	428	14	3%	5	1,1%	1,2%
Großensee	292	16	6%	48	16,5%	17,5%
Grub	450	12	3%	0	0,0%	0,0%
Haina	1997	75	4%	21	1,0%	1,1%
Hallungen	429	15	3%	3	0,7%	0,7%
Hellingen	4375	101	2%	5	0,1%	0,1%
Henfstädt	847	45	5%	30	3,5%	3,7%
Henneberg	1335	46	3%	0	0,0%	0,0%
Herpf	1814	59	3%	37	2,0%	2,1%
Heßles	578	31	5%	0	0,0%	0,0%
Hildburghausen	7298	678	9%	505	6,9%	7,6%
Hörselberg	6366	339	5%	663	10,4%	11,0%
Hümpfershausen	1311	36	3%	0	0,0%	0,0%
Ifta	1738	64	4%	0	0,0%	0,0%
Immelborn	1324	155	12%	279	21,1%	23,9%
Judenbach	4231	145	3%	9	0,2%	0,2%
Jüchsen	2722	77	3%	164	6,0%	6,2%
Kaltenlengsfeld	937	37	4%	0	0,0%	0,0%

**Tabelle B4: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Südwestthüringen**

Kaltennordheim	1514	133	9%	0	0,0%	0,0%
Kaltensundheim	1238	71	6%	0	0,0%	0,0%
Kaltenwestheim	1966	53	3%	0	0,0%	0,0%
Klings	676	25	4%	0	0,0%	0,0%
Kloster Veßra	2007	38	2%	0	0,0%	0,0%
Krauthausen	1782	141	8%	151	8,5%	9,2%
Kühndorf	2603	64	2%	62	2,4%	2,4%
Lauscha	1887	154	8%	20	1,1%	1,2%
Lauterbach	652	38	6%	10	1,5%	1,6%
Leimbach	860	122	14%	205	23,8%	27,7%
Lengfeld	680	27	4%	0	0,0%	0,0%
Leutersdorf	781	19	2%	15	1,9%	1,9%
Marisfeld	1121	44	4%	31	2,8%	2,9%
Marksuhl	6434	235	4%	211	3,3%	3,4%
Martinroda	670	20	3%	24	3,5%	3,6%
Masserberg	3617	134	4%	0	0,0%	0,0%
Mehmels	647	26	4%	0	0,0%	0,0%
Meiningen	4119	865	21%	173	4,2%	5,3%
Melpers	312	7	2%	12	3,8%	4,2%
Mendhausen	1021	28	3%	19	1,8%	1,9%
Mengersgereuth- Hämmern	1961	148	8%	60	3,1%	3,3%
Merkers-Kieselbach	1917	223	12%	98	5,1%	5,8%
Metzels	1643	31	2%	0	0,0%	0,0%
Mihla	3175	173	5%	1	0,0%	0,0%
Milz	1762	63	4%	82	4,6%	4,9%
Moorgrund	5425	221	4%	421	7,8%	8,1%
Nahetal-Waldau	3309	167	5%	0	0,0%	0,0%
Nazza	1282	36	3%	1	0,1%	0,1%
Neidhartshausen	793	22	3%	0	0,0%	0,0%
Neubrunn	924	36	4%	107	11,5%	12,0%
Neuhaus am Renn- weg	2246	204	9%	9	0,4%	0,5%
Neuhaus- Schierschnitz	2240	201	9%	188	8,4%	9,2%
Nordheim	792	18	2%	25	3,1%	3,2%
Oberhof	2360	99	4%	0	0,0%	0,0%
Oberkatz	936	20	2%	0	0,0%	0,0%
Oberland am Renn- steig	3983	139	4%	13	0,3%	0,3%
Obermaßfeld- Grimmenthal	576	107	18%	9	1,6%	1,9%
Oberschönau	1656	45	3%	0	0,0%	0,0%
Oberstadt	1310	21	2%	0	0,0%	0,0%
Oberweid	1068	31	3%	0	0,0%	0,0%
Oechsen	1216	61	5%	0	0,0%	0,0%
Oepfershausen	1290	30	2%	0	0,0%	0,0%

**Tabelle B4: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Südwestthüringen**

Queienfeld	962	36	4%	212	22,0%	22,9%
Rentwertshausen	335	28	8%	85	25,5%	27,8%
Reurieth	1618	66	4%	5	0,3%	0,3%
Rhönblick	7861	249	3%	1	0,0%	0,0%
Rippershausen	1129	76	7%	32	2,8%	3,0%
Ritschenhausen	735	47	6%	52	7,1%	7,6%
Rockenstuhl	3011	84	3%	0	0,0%	0,0%
Rohr	1380	84	6%	115	8,3%	8,9%
Römhild	1954	146	7%	0	0,0%	0,0%
Rosa	909	40	4%	0	0,0%	0,0%
Roßdorf	1730	61	4%	0	0,0%	0,0%
Rotterode	500	51	10%	0	0,0%	0,0%
Ruhla	3803	308	8%	0	0,0%	0,0%
Sachsenbrunn	3722	116	3%	22	0,6%	0,6%
Schalkau	3405	206	6%	26	0,8%	0,8%
Scheibe-Alsbach	1962	58	3%	0	0,0%	0,0%
Schlechtsart	465	12	2%	31	6,7%	6,9%
Schleid	2794	64	2%	0	0,0%	0,0%
Schleusegrund	5793	170	3%	0	0,0%	0,0%
Schleusingen	3665	368	10%	0	0,0%	0,0%
Schmalkalden	7439	873	12%	173	2,3%	2,6%
Schmeheim	430	21	5%	0	0,0%	0,0%
Schwallungen	4061	164	4%	3	0,1%	0,1%
Schwarza	1342	103	8%	0	0,0%	0,0%
Schweickershausen	990	15	2%	0	0,0%	0,0%
Schweina	1642	158	10%	22	1,4%	1,5%
Schwickershausen	628	20	3%	0	0,0%	0,0%
Seebach	361	86	24%	32	8,9%	11,9%
Siegmundsburg	1487	22	2%	0	0,0%	0,0%
Sonneberg	4560	1049	23%	526	11,5%	15,1%
Springstille	702	43	6%	0	0,0%	0,0%
St.Bernhard	752	20	3%	0	0,0%	0,0%
St.Kilian	5494	238	4%	0	0,0%	0,0%
Stadtlengsfeld	2780	145	5%	1	0,1%	0,1%
Steinach	2603	248	10%	0	0,0%	0,0%
Steinbach	1476	77	5%	0	0,0%	0,0%
Steinbach- Hallenberg	2244	335	15%	0	0,0%	0,0%
Steinheid	2362	60	3%	0	0,0%	0,0%
Stepfershausen	1563	55	4%	0	0,0%	0,0%
Straufhain	5728	250	4%	422	7,4%	7,7%
Sülzfeld	1729	67	4%	57	3,3%	3,4%
Suhl	10375	1831	18%	0	0,0%	0,0%
Themar	2037	248	12%	5	0,2%	0,3%
Tiefenort	3474	232	7%	181	5,2%	5,6%

**Tabelle B4: Ausgewählte Gemeindeergebnisse Südwestthüringen**

Treffurt	5524	277	5%	4	0,1%	0,1%
Trusetal	2610	274	10%	20	0,8%	0,9%
Ummerstadt	1565	40	3%	0	0,0%	0,0%
Unterebreizbach	2981	242	8%	180	6,0%	6,6%
Unterkatz	934	36	4%	0	0,0%	0,0%
Untermaßfeld	1074	78	7%	1	0,1%	0,1%
Unterschönau	591	30	5%	0	0,0%	0,0%
Unterweid	702	30	4%	0	0,0%	0,0%
Urnshausen	1625	49	3%	0	0,0%	0,0%
Utendorf	813	26	3%	0	0,0%	0,0%
Vacha	1920	186	10%	182	9,5%	10,5%
Vachdorf	1588	48	3%	33	2,1%	2,2%
Veilsdorf	3055	176	6%	74	2,4%	2,6%
Viernau	1586	145	9%	0	0,0%	0,0%
Völkershausen	1374	84	6%	0	0,0%	0,0%
Wahns	798	20	3%	0	0,0%	0,0%
Wallbach	488	19	4%	0	0,0%	0,0%
Walldorf	1242	163	13%	90	7,3%	8,4%
Wasungen	2996	191	6%	0	0,0%	0,0%
Weilar	1396	49	4%	0	0,0%	0,0%
Wernshausen	2622	207	8%	24	0,9%	1,0%
Westenfeld	803	32	4%	104	12,9%	13,5%
Westhausen	1561	55	4%	190	12,2%	12,6%
Wiesenthal	1333	42	3%	0	0,0%	0,0%
Wölferbütt	451	37	8%	0	0,0%	0,0%
Wölfershhausen	445	22	5%	61	13,8%	14,5%
Wolfmannshausen	788	36	5%	110	13,9%	14,6%
Wolfsburg- Unkeroda	881	44	5%	0	0,0%	0,0%
Wutha-Farnroda	3622	378	10%	116	3,2%	3,6%
Zella/Rhön	137	23	17%	0	0,0%	0,0%
Zella-Mehlis	2791	657	24%	0	0,0%	0,0%