SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

Flächennutzungsmonitoring II: Konzepte, Indikatoren, Statistik

Meinel, Gotthard (Ed.); Schumacher, Ulrich (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version
Konferenzband / collection

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Meinel, G., & Schumacher, U. (Hrsg.). (2010). *Flächennutzungsmonitoring II: Konzepte, Indikatoren, Statistik* (IÖR Schriften, 52). Berlin: Rhombos-Verl. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-396969

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:
This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

gesis Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung

Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher (Hrsg.)

Flächennutzungsmonitoring II

Konzepte – Indikatoren – Statistik

RHOMBOS

IÖR Schriften Band 52 · 2010

IÖR Schriften

Herausgegeben vom
Leibniz-Institut für ökologische
Raumentwicklung

RHOMBOS-VERLAG BERLIN

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Impressum

Herausgeber

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

Verlag

RHOMBOS-VERLAG
Kurfürstenstraße 17
10785 Berlin
E-Mail: verlag@rhombos.de
Homepage: http://www.rhombos.de
VK-Nr. 13597

Druck: dbusiness.de GmbH, Berlin

Printed in Germany

© 2010 RHOMBOS-VERLAG, Berlin

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

Titelbild: Stadtmodell Dresden, Landeshauptstadt Dresden; Foto: IÖR
Satz/DTP: Natalija Leutert, Margitta Wahl

ISBN: 978-3-941216-47-1

IÖR Schriften Band **52 · 2010**

Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher (Hrsg.)

Flächennutzungsmonitoring II

Konzepte – Indikatoren – Statistik

Vorwort

Das Wechselspiel unterschiedlichster Flächennutzungen prägt das Bild unserer Städte, Dörfer und Landschaften. Häufig unmerklich, aber letztlich stetig verändert es sich – Siedlungen wachsen seit über hundert Jahren und verkleinern und zerschneiden damit Landschaft und Freiraum. Diese Entwicklung ist mancherorts besorgniserregend, denn eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung verlangt einen schonenden Umgang mit den begrenzten Ressourcen Landschaft und Boden.

Das alles ist nicht neu. So formulierte die Bundesregierung schon 2002 in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel, die tägliche Flächeninanspruchnahme bis 2020 auf 30 ha/Tag zu begrenzen. Von diesem Ziel ist man bei einem heutigen Verbrauch von ca. 100 ha/Tag weit entfernt. Die Umsetzung dieses ambitionierten Zieles ist schwierig genug. Vielleicht auch gerade darum beginnt eine intensive Fachdiskussion, wie die tägliche Flächeninanspruchnahme richtig gemessen wird, welche Nutzungsarten zur Siedlungs- und Verkehrsfläche zu zählen sind und wie die derzeitigen Inaktualitäten der Flächenerhebung behoben werden können. Grundlage der amtlichen Flächenstatistik ist das automatisierte Liegenschaftbuch, welches sich in den nächsten Jahren zum Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS entwickeln wird. Durch die damit verbundene Abkehr von der flurstücksbezogenen hin zu einer landschaftsbeschreibenden Sicht auf die Flächennutzung werden der amtlichen Flächenstatistik neue Chancen eröffnet. Diese dann mit der Geotopographie konforme Sichtweise ermöglicht zudem eine Transparenz und Überprüfbarkeit der grundlegenden Daten, wie man sich diese schon immer gewünscht hat.

Über diese Themen und Entwicklungen wurde auf dem 2. Dresdner Flächennutzungssymposium am 17. und 18. Juni 2010 berichtet und diskutiert. 19 Expertenvorträge seitens der Datenanbieter, der Bundes- und Landesstatistik, der kommunalen Verwaltung, der Wirtschaft und der Wissenschaft beleuchteten verschiedene Aspekte der komplexen Flächennutzungsthematik. Der Bogen spannte sich von informatorischen Instrumenten, aktuellen Trends der Flächennutzungsentwicklung, Datengrundlagen und Erhebungsprogrammen, der indikatorenbasierten Beschreibung der Entwicklung und Potenziale einer kleinteiligen Regionalstatistik bis hin zu Fragen der Statistik und Prognose. Mit informativen Beiträgen zu der langjährigen Arealstatistik der Schweiz und der kleinteiligen rasterbasierten Regionalstatistik in Österreich wurde auch über den deutschen Gartenzaun geschaut. Im Rahmen einer Podiumsdiskussion wurde dann der Frage nachgegangen, wie informatorische Instrumente beim Flächensparen helfen und welche kommunale Strategien zu einer verbesserten Datennutzung führen können.

Auf dem Symposium wurde auch der internetbasierte Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) vorgestellt und offiziell freigeschaltet. Er wird in Zukunft in Ergänzung zu bestehenden flächenstatistischen Berichtssystemen kleinteili-

ge Informationen zur Flächennutzungsstruktur und ihrer Entwicklung in Deutschland dauerhaft liefern.

In dem vorliegenden Buch sind nun fast alle Beiträge des Symposiums in ausführlicher Schriftform vereint und geben über die Vorträge hinaus (Dokumentation unter *www.ioer-monitor.de/flaechennutzungssymposium*) weiterführende Detailinformationen.

Autoren und Herausgeber wünschen allen Lesern neue Erkenntnisse und Einsichten in diese für eine nachhaltige Entwicklung so überaus wichtige Thematik.

Gotthard Meinel — Dresden, November 2010

Inhaltsverzeichnis

Informatorische Instrumente in der Planung

Helfen informatorische Instrumente beim Flächensparen? Anforderungen an ein Informationsmanagement zur Unterstützung einer flächensparsamen Entwicklung
Stefan Siedentop *3*

Regionalisierte Trends der Flächeninanspruchnahme – Anforderungen an ein qualifiziertes Monitoring
Fabian Dosch, Gisela Beckmann *19*

Was tun mit den Daten? Kommunale Strategien zur Nutzung von Geoinformationen in der Stadtplanung
Marc Wolfram *37*

Kartogramme – Wege zu einem tieferen Verständnis räumlicher Zusammenhänge
Markus Burgdorf *55*

Datengrundlagen und Flächenerhebungsprogramme

Neue Grundlage der amtlichen Flächennutzungsstatistik: ALKIS® – Chancen und Probleme
Jürgen Schauer *67*

Potenziale und Probleme des ATKIS Basis-DLM im Flächennutzungsmonitoring
Tobias Krüger *79*

Flächenerhebung und -statistik in CORINE Land Cover – Aktuelle Ergebnisse und Programmentwicklung
Manfred Keil, Annekatrin Metz, Michael Bock, Thomas Esch, Simon Nieland, Stefan Feigenspan *93*

Flächenerhebung und -aktualisierung im Rahmen von GMES Land Monitoring
Marek Tinz 109

Arealstatistik der Schweiz – Methodik und aktuelle Ergebnisse
Anton Beyeler *111*

Entwicklung von Indikatoren

Zersiedelung der Landschaft – Indikator und erste Ergebnisse
Werner Ackermann, Burkhard Schweppe-Kraft.....129

Monitoring von Kleinstrukturen – Berechnung des Anteils
von Wiedererholungsflächen auf der Basis von ATKIS
Ralf Neukampf.....143

Bodenversiegelung, Grünvolumen, Biotopwertigkeit –
Praktische Erfahrungen des Umweltmonitorings in Potsdam
Steffen Tervooren, Annett Frick.....155

Fragmentierung von Waldökosystemen und deren Auswirkung auf das
Vorkommen des Schwarzstorches – erste Analyseergebnisse auf Grundlage
des ATKIS Basis-DLMs
Raul Köhler, Katja Oehmichen, Britta Eggers.....169

Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung

Konzept, Funktionalität und erste exemplarische
Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor)
Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher.....183

Indikatoren zur Freiraumstruktur sowie zum Landschafts- und Naturschutz –
Ausgewählte Ergebnisse des IÖR-Monitors
Ulrich Walz, Ulrich Schumacher.....201

Analyse und Visualisierung der Siedlungsentwicklung mit SEMENTA®-CHANGE
Robert Hecht, Hendrik Herold, Gotthard Meinel.....217

Statistikangebote und Prognose

Auf dem Weg zu einer rasterbasierten Regionalstatistik in Europa
Ingrid Kaminger.....237

Regionalisierte Wohnungsprognosen –
Grundlage für Flächenbedarfsberechnungen
Irene Iwanow.....249

Autorenverzeichnis.....265

Informatorische Instrumente in der Planung

Helfen informatorische Instrumente beim Flächensparen? Anforderungen an ein Informationsmanagement zur Unterstützung einer flächensparsamen Entwicklung

Stefan Siedentop

„Information ist eine beliebig vermehrbare Ressource, die ständig wächst weil sie immer nur gebraucht, aber nie verbraucht werden kann. Das Problem der Informationsgesellschaft ist damit nicht die Knappheit, sondern die Fülle der Ressource Information. Trotz Informationsflut herrscht deshalb oft Informationsarmut, wenn nicht durch Filterung, Verdichtung und Kanalisation aussagefähige Informationen gewonnen und bereitgestellt werden können." (Huber 1992)

Zusammenfassung

Aufgrund der hohen Konfliktintensität regulativer Instrumente zur Erreichung einer flächensparsamen Siedlungsentwicklung versucht die Siedlungspolitik schon seit langem, ihr traditionell auf dem Steuerungsmedium Macht beruhendes Instrumentarium durch Informations- und Überzeugungsstrategien zu erweitern. Ein Anspruch auf „Koordination durch Information" kann aber nur dann eingelöst werden, wenn die siedlungspolitischen Akteure über eine ausreichende informationelle Infrastruktur verfügen. Vor diesem Hintergrund werden in diesem Beitrag die Anforderungen an ein informationsbasiertes Flächenmanagement formuliert und der erreichte Stand in der Praxis in Bezug auf den Einsatz von flächennutzungsbezogenen Monitoring- und Controlling-Instrumenten bewertet. Dabei zeigt sich, dass es bislang nicht in ausreichendem Maße gelungen ist, entscheidungsrelevante Informationen durch Aufbereitung verfügbarer Grunddaten zu generieren und in politische Entscheidungsprozesse effektiv einzubringen. Der Beitrag formuliert davon ausgehend Handlungsperspektiven und berücksichtigt dabei auch neue technologische Entwicklungen im Vermessungswesen und der Kartographie.

1 Einleitung

In Wissenschaft, Politik und Gesellschaft besteht weitgehende Einigkeit, dass sich die tägliche Inanspruchnahme von Fläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke trotz einer unverkennbar rückläufigen Tendenz immer noch auf einem inakzeptabel hohen Niveau befindet (siehe z. B. Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt 2010; Bundesregierung 2008; Rat für Nachhaltige Entwicklung 2004). Mit einem gleitenden 4-Jahres-Durchschnitt von über 100 Hektar pro Tag in den Jahren 2005 bis 2008 (Statistisches Bundesamt 2010) befindet sich die politische Realität noch immer weit entfernt vom anspruchsvollen 30-Hektar-Ziel der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, wonach die täg-

liche Flächeninanspruchnahme bis 2020 auf einen Wert von 30 Hektar zurückgeführt werden soll (Bundesregierung 2002).

Während die Feststellung eines weitergehenden politischen Handlungsbedarfs zur Eindämmung der Flächeninanspruchnahme überwiegend geteilt wird, gehen die Einschätzungen hinsichtlich der zu ergreifenden Politiken und Instrumente und ihrer jeweiligen Wirksamkeit weit auseinander. Die Spannbreite der Reformdebatte reicht vom verstärkten Einsatz regulativer Instrumente der Raumordnung (siehe z. B. Köck et al. 2007; Einig, Siedentop 2005; Einig, Spiecker 2002) über die Veränderung ökonomischer Anreizkulissen durch marktwirtschaftliche Instrumente (siehe z. B. Köck et al. 2008; NBBW 2010; Krumm 2007; Krumm 2002) bis hin zu konsensorientierten, auf politisches Lernen orientierten Politikkonzepten (Zieschank 1999a; Zieschank 1999b; zu praktischen Ansätzen siehe z. B. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg 2004; Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2006).

Im Rahmen eines konsensorientierten, persuasiven Steuerungsverständnisses gelten vor allem Informationsinstrumente als potenziell effektiv. Hierunter werden Ansätze verstanden, bei denen durch die Bereitstellung von Information und Wissen auf Entscheidungs- und Handlungsmuster maßgeblicher Akteure Einfluss genommen werden soll. Insbesondere aufgrund der hohen Konfliktintensität regulativer Instrumente und den damit einhergehenden Akzeptanzdefiziten vor allem auf Seiten der kommunalen Planung versucht die Raumordnungs- und Umweltpolitik schon seit langem, ihr traditionell auf dem Steuerungsmedium Macht beruhendes Instrumentarium durch Informations- und Überzeugungsstrategien zu erweitern (ARL 2004; Fürst 1989). In der Praxis sind bereits vielfältige Informationsinstrumente mit Bezug zu Themen der Siedlungs- und Flächennutzungsentwicklung im Einsatz oder von Seiten der Wissenschaft vorgeschlagen worden. Zu nennen sind hier insbesondere

- Indikatorensysteme zur Flächennutzung, die auf zum Teil umfangreichen Informationssystemen und Dateninfrastrukturen aufbauen (siehe z. B. das Umwelt-Kernindikatorensystem des Umweltbundesamtes; Siedentop et al. 2007; LUBW 2007),
- die Bereitstellung von Informationsmaterialien mit aufklärendem Anspruch über die Ursachen und Folgen der Flächeninanspruchnahme (siehe beispielhaft Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg 2004) und
- Bilanzierungswerkzeuge zur Ermittlung von Wirkungen der Flächeninanspruchnahme (siehe die Beiträge in Frerichs et al. 2010 und Preuß, Floeting 2009; Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein 2010).

Der Anspruch auf „Koordination durch Information“ kann aber nur dann eingelöst werden, wenn die siedlungspolitischen Akteure über eine ausreichende informationelle Infrastruktur verfügen. Eine diesbezügliche Bewertung der derzeitigen Informationsla-

ge im Bereich der Flächennutzung und Bodenbedeckung fällt jedoch ambivalent aus. Einerseits besteht durch das sich stetig verbreiternde und in seiner Qualität verbesserte Datenangebot der Landesvermessung und der Fernerkundung ein hervorragender Informationsbestand für Zwecke der Politikberatung. Fortschritte in der Entwicklung geo-statistischer Methoden und Verfahren haben zudem die analytische Kapazität der Raum- und Umweltbeobachtung erheblich steigern können. Andererseits wird immer wieder auf gravierende Informationslücken und Qualitätsprobleme flächenstatistischer Grundlagen hingewiesen (ausführlich hierzu Siedentop, Fina 2010; Siedentop et al. 2007 und Baier 2000). Insbesondere zur räumlichen Allokation neuer Siedlungs- und Verkehrsnutzungen und zur Vornutzung der neu beanspruchten Flächen liegen kaum Mindestansprüchen gerecht werdende Informationen vor. Erheblich eingeschränkt sind auch längsschnittanalytische Untersuchungsdesigns, die mit disaggregierten Daten operieren. Insbesondere auf kommunaler Ebene gelten die Daten der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung als nur begingt geeignet, eine exakte Analyse und Bewertung von Flächennutzungsänderungen zu gewährleisten.

Dieses unverkennbare Paradoxon von hoch entwickelten Fachdatenbasen zur Flächennutzung und Bodenbedeckung auf der einen Seite und konstatierten Informationsdefiziten auf der anderen Seite lässt sich nur mit einer mangelnden planungsbezogenen Aufbereitung und Operationalisierung verfügbarer Grundlagendaten erklären, was sowohl auf eine limitierte politische Nachfrage als auch auf mangelnde methodische Erfahrungen mit Monitoring- und Controlling-Instrumenten in der räumlichen Planung hindeutet (Siedentop 2006). Verfügbare Geobasisdatenbestände – zu nennen sind vor allem das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS und das Automatisierte Liegenschaftskataster (ALK) – werden bis heute kaum für komplexere Planungsanwendungen sowie für flächenstatistische Analysen eingesetzt. Ein schwerwiegendes Problem liegt auch in der unklaren Definition und Operationalisierung der Gegenstände siedlungspolitischen Handelns. Begriffe wie Innenentwicklung, Landschaftszersiedelung oder -zerschneidung sind Konstrukte, die sich sowohl unmittelbarer Wahrnehmung als auch einfacher Messung entziehen. Die kommunikative Auseinandersetzung mit ihnen setzt begriffliche Konventionen und standardisierte Modellierungsverfahren voraus, die aber kaum existieren (Siedentop 2006).

Im Sinne des diesem Beitrag vorangestellten Zitats von Huber (1992) formuliert, besteht somit keinesfalls eine Knappheit an qualifizierten Daten zur Flächennutzung. Dagegen ist es bislang nicht in ausreichendem Maße gelungen, entscheidungsrelevante Informationen durch „Filterung, Verdichtung und Kanalisation“ verfügbarer Grunddaten (Huber 1992) zu generieren und in politische Entscheidungsprozesse effektiv einzubringen. Ein weiterer Engpass liegt in der Informationsverarbeitungskapazität von Planungsbehörden und politischen Entscheidungsträgern und im Mangel an geeigneten Aufbereitungsverfahren verfügbarer Fachdaten.

Vor diesem Hintergrund werden in diesem Beitrag die Grundzüge eines an den Informationsbedürfnissen siedlungspolitischer Akteure orientierten Informationsmanagements zu Themen der Siedlungs- und Flächennutzungsentwicklung abgesteckt. In Abschnitt 2 erfolgt zunächst eine Darstellung der wesentlichen Funktionen und Leistungen eines Flächeninformationssystems, bevor sich in Abschnitt 3 eine umfassende Bestandsaufnahme des Informationsbedarfs und der Datenverfügbarkeit anschließt. Abschnitt 4 schließt mit der Formulierung von Handlungsperspektiven und -empfehlungen, wie den derzeit feststellbaren Defiziten eines flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements begegnet werden kann.

2 Funktionen eines flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements

Informationsinstrumente versprechen vor allem in solchen Handlungsfeldern raumwirksamer Politik Steuerungswirksamkeit, die mit einer hohen Komplexität ihrer Regulierungsgegenstände konfrontiert sind. Dies trifft auf die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke sowohl mit Blick auf ihre weit reichenden ökonomischen, sozialen und ökologischen Folgen als auch ihre vielfältigen Ursachen zu. Der Flächennutzungswandel ist aufgrund seiner dispersen standörtlichen Ausprägung sowie seines zeitlich schleichenden Verlausfs nur sehr eingeschränkt sinnlich erfahrbar. Die baulichen Einzeleingriffe sind für sich allein oft ohne gravierende ökologische Auswirkungen. Im räumlichen und zeitlichen Zusammenwirken zahlreicher Siedlungserweiterungen und Infrastrukturbauwerke liegt jedoch ein offensichtlich unterschätztes ökologisches Risiko (Siedentop 2002; Siedentop 1999). Ähnliches gilt für die ökonomischen und sozialen „Schattenkosten“ von Suburbanisierung und Siedlungsdispersion (Rat für Nachhaltige Entwicklung 2004). Die gesellschaftliche Betroffenheit durch neue Siedlungsgebiete „auf der grünen Wiese“ ist vergleichsweise gering, was die Politisierbarkeit des Phänomens prinzipiell begrenzt. Planerische Restriktionen siedlungsräumlicher Expansionsbestrebungen sind vor diesem Hintergrund nur schwer vermittelbar.

Relevant erscheint ferner, dass das Verursacherspektrum beim Flächenverbrauch extrem breit ist – es reicht vom privaten Bauherrn bis zu staatlichen Institutionen, die die Flächeninanspruchnahme durch Infrastrukturprogramme oder Steuer- und Subventionspolitiken direkt oder indirekt fördern. Die Ergreifung wirksamer Gegenmaßnahmen trifft daher auf den Widerstand zahlreicher gesellschaftlicher Interessengruppen. Schließlich ist die Flächeninanspruchnahme kaum technisch regulierbar. Es gibt keine Interessen von Anbietern marktfähiger Problemlösungen, die zu einer globalen Reduktion der Flächeninanspruchnahme beitragen könnten. Bei der – weit erfolgreicheren – Bekämpfung der Luft- und Gewässerbelastung war aber gerade dies der Fall. Man denke an das mittlerweile erreichte Marktvolumen für technische Umweltschutzausrüstungen (ausführlich hierzu Sachverständigenrat für Umweltfragen 2002 und Einig, Siedentop 2005).

Vor diesem Hintergrund kommt einem Informationsmanagement zunächst die elementare Aufgabe zu, das Problembewusstsein maßgeblicher Akteure im Sinne einer Überführung von wissenschaftlichen Beobachtungen „in gesellschaftlich verständliche Wahrnehmung" (Zieschank 1999a) zu fördern. Erst die bewusste Wahrnehmung der Folgen des eigenen Handelns schafft die Akzeptanz, stabile und oftmals routinisierte Handlungsmuster zu durchbrechen. Erst Informationsinstrumente bestellen somit das Terrain, auf dem regulative Politik agieren kann (Zieschank 1999b, S. 152). Ein wesentliches Kriterium für den Erfolg von Informationssystemen im Bereich des hier im Vordergrund stehenden Politikfeldes ist daher, inwieweit es ihnen gelingt, die komplexen Zusammenhänge zwischen Ursachen, Ausprägungen und Wirkungen der Flächeninanspruchnahme problemadäquat und akteursbezogen abzubilden.

Einem Flächeninformationssystem kommen allerdings noch weitere Funktionen zu. Neben dem versuchten Anstoß gesellschaftlicher Verhaltensänderungen durch Initiierung von Lernprozessen zielen Informationsstrategien auf die Verbesserung der Steuerungsfähigkeit des Staates bzw. seiner verantwortlichen Institutionen selbst ab. Ein erster diesbezüglich relevanter Ansatz liegt in der fachlichen Unterstützung von Zielfindungs- und Entscheidungsprozessen. Politikwissenschaftliche Studien haben wiederholt aufzeigen können, dass langfristig orientierte und quantifizierte Leitziele von hoher Bedeutung für eine erfolgreiche Politik sind, weil sie Ausgangspunkt komplexer gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse sind und einen langfristigen Orientierungsrahmen für das Handeln der Zieladressaten bieten. Verständliche und messbare Ziele erfordern aber einen wissenschaftlichen Input, der nur durch leistungsfähige Informations- und Indikatorensysteme erbracht werden kann.

Informationssysteme können überdies helfen, siedlungspolitische Programme und Pläne einer Kontrolle ihrer Zielerreichung zu unterziehen, was bislang nur sehr eingeschränkt erfolgt. Diesbezügliche Erfolgskontrollen der Raumordnung vollziehen sich bis dato eher durch intuitive Ansätze und subjektive Wertungen als durch eine systematische Überprüfung der planungspraktischen Implementation. Eine zentrale Funktion eines kommunalen und/oder regionalen Flächeninformationssystems liegt damit in der Bereitstellung von Informationen für die Durchführung eines planungsbezogenen Controllings (Birkmann 2004; Keiner 2002; Keiner et al. 2001; INFRAS et al. 2001).

Regionale Flächeninformationssysteme erfüllen damit erstens Aufgaben des Monitorings der Flächennutzung und seiner Veränderung, zweitens Aufgaben des Controllings der Umsetzung strategischer wie auch operativer Planungen und drittens der öffentlichkeitswirksamen Berichterstattung über die relevanten Entwicklungstrends der Region und den Prozess der Planumsetzung (Abb. 1). Das Monitoring zielt auf die systematische Beobachtung und Analyse der Flächennutzung mittels ausgewählter Indikatoren (in Abschnitt 4 werden geeignete Indikatoren beispielhaft aufgeführt). Die Bewertung der dabei ermittelten Zustands- und Veränderungsgrößen am Maßstab regionaler Ziele

(Zielerreichungskontrolle) ist Gegenstand des zweiten Moduls, dem Controlling. Auch die Erklärung der festgestellten Veränderungen durch Identifikation der auslösenden Ursachen (Wirkungskontrolle) ist Bestandteil des Controllings. Zielerreichungskontrolle und Wirkungskontrolle sind notwendig, um angemessene Reaktionen auf Zielabweichungen abzuleiten und politische Lern- und Innovationsprozesse einzuleiten (z. B. auf eine Unter- oder Überversorgungssituation auf den Baulandmärkten). Sie erzeugen Situations-, Folgen- und Erklärungswissen, das notwendig ist, um die politische Steuerungsfähigkeit regionaler Flächenmanagementkonzepte zu bewerten und die Steuerbarkeit räumlicher Entwicklungsprozesse zu beurteilen.

Ein weiteres Modul beinhaltet schließlich die Berichterstattung über die festgestellten räumlichen Trends, ihre Bewertung aus politischer Sicht und die eingeleiteten Maßnahmen bzw. formulierten Handlungsempfehlungen bei Feststellung von Soll-Ist-Divergenzen (Berichterstattung).

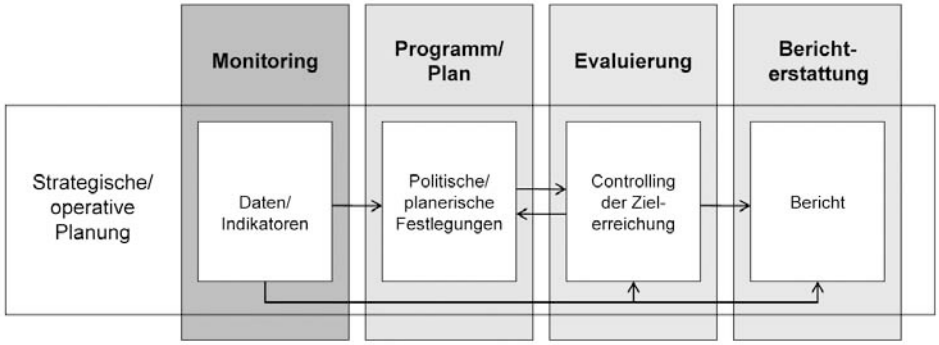


Abb. 1: Module eines regionalen flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements (Quelle: Eigene Darstellung)

3 Systematisierung des Informationsbedarfs und Bewertung der Datenlage

3.1 Anforderungen an die Datenverfügbarkeit

Die Gewährleistung des oben skizzierten Funktionsspektrums eines raumbezogenen Informationsmanagements setzt die Verfügbarkeit qualifizierter Fachdaten voraus. Dabei kann zunächst unterschieden werden zwischen Daten zur Flächennutzung (z. B. Daten zur aktuellen Realnutzung und/oder Bodenbedeckung sowie zur Entwicklung der Flächennutzung und/oder Bodenbedeckung) und Daten, die Standort-, Eignungs- und Empfindlichkeitseigenschaften der Fläche abbilden. Hierunter fallen unter anderem Informationen zur Bodenqualität oder zur Biotopwertigkeit von Flächen. Durch die Kopplung beider Datentypen können neben Bilanzen zur absoluten Neuinanspruchnahme

von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke auch qualitative Bewertungen zum Verlust wertvoller Naturflächen durch Überbauung und Landschaftszerschneidung erfolgen (siehe hierzu ausführlich Siedentop et al. 2007 und Siedentop 2009).

Eine zweite wesentliche Komponente beinhaltet Daten zur Planung bzw. Regulierung der Flächennutzung. Hierunter lassen sich Informationen zu Schutzgebieten der Fachplanung, zu geplanten Infrastrukturbauwerken oder Gebietsdarstellungen der Raumordnung und Bauleitplanung subsumieren (siehe z. B. Einig, Dora 2008). Abbildung 2 gibt einen Überblick über die wesentlichen Bausteine eines flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements und nennt Beispiele für eingesetzte Indikatoren und Datenquellen.

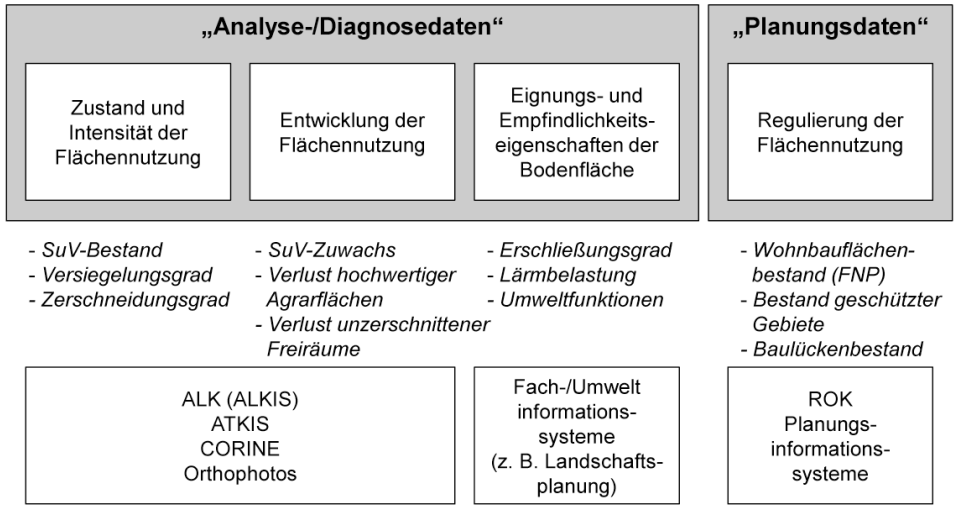


Abb. 2: Bausteine eines flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements mit Beispielen für Indikatoren und Datenquellen (Quelle: Eigene Darstellung)

3.2 Beurteilung der Datenlage

Mit der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, dem mittlerweile erreichten Entwicklungsstand der digitalen Landestopographie (ATKIS), der mittelfristigen Realisierung von ALKIS (Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem) sowie weiteren Fachdatenbasen der Raumordnung und Umweltfachplanung (hier vor allem die von den Ländern geführten Raumordnungskataster und Umweltinformationssysteme) steht der räumlichen Planung ein prinzipiell hochleistungsfähiger (Geobasis-) Datenbestand zur Verfügung (Abb. 3). Hinzu kommen Fernerkundungsdaten, deren Einsatz in der Regionalplanung aufgrund sinkender Preise und immer leistungsfähigerer Bearbeitungswerkzeuge mehr und mehr an Bedeutung gewinnt. Die Abbildung des aktuellen Zustandes der Flächennutzung ist daher prinzipiell zumeist mit hoher Genauigkeit und

Aktualität möglich, auch wenn die politische und planerische Praxis die diesbezüglichen Möglichkeiten bei weitem nicht ausschöpft. Methodisch schwieriger gestaltet sich demgegenüber die Generierung von Informationen

- zur Veränderung der Flächennutzung durch realisierte Planungen und
- zu geplanten Veränderungen der Flächennutzung, abgeleitet aus Planungszielen in Flächennutzungs-, Bebauungs- und raumwirksamen Fachplanungen.

Ungeachtet der sich stetig verbessernden Datenlage zur Flächennutzung steht die Erfassung von Nutzungsänderungen im zeitlichen Verlauf weiterhin vor erheblichen methodischen Problemen. Ein Grund hierfür ist die mangelnde Verfügbarkeit räumlich disaggregierter Daten zur Flächennutzung und ihrer Veränderung. Die amtliche Flächenstatistik stellt nur auf Gemeindeebene aggregierte Daten zur Verfügung. Dadurch ist eine genauere Analyse der umweltfunktionalen Betroffenheit von überbauten und versiegelten Böden sowie eine Beurteilung der standörtlichen Integration neuer Siedlungsflächen in das übergeordnete Siedlungs- und Infrastruktursystem nicht möglich (Siedentop et al. 2007).

Hinzu treten nicht unerhebliche Qualitätsprobleme der amtlichen Flächenstatistik, bedingt durch zum Teil umfangreiche Umstellungen und Umwidmungen in den Liegenschaftskatastern. Dadurch kommt es häufig zu statistisch angezeigten Nutzungsänderungen, die keinen realen Hintergrund haben. Insbesondere für die längsschnittanalytische Nutzung von gemeindebezogenen Daten müssen daher Restriktionen konstatiert werden. Eine Studie für das Land Nordrhein-Westfalen kommt insgesamt zu der Schlussfolgerung, dass „aufgrund verschiedener Umstellungseffekte schwerwiegende Inkonsistenzen im Monitoring der Siedlungsentwicklung nachweisbar sind“ (Siedentop, Fina 2010), die die Nutzung dieser Daten für unmittelbar planungsbezogene Anwendungen, insbesondere auf örtlicher Ebene, stark einschränken.

Ein zweites Problem rührt daher, dass in ATKIS bislang keine Historienverwaltung implementiert ist. Das bedeutet, dass eine zeitlich rückwärtsgerichtete Rekonstruktion von Flächennutzungszuständen mit dem Ziel, Zeitreihendaten zur Veränderung der Flächennutzung zu gewinnen, bis heute nicht möglich ist. Erst in ALKIS wird es eine datenbankbasierte Versionierung von Zeitständen geben, die Planungsbehörden standortbezogene Analysen von Nutzungsänderungen erlauben wird. Eine solche Historisierung der Datenbestände ist von Seiten der AdV dann auch für das neue AAA-ATKIS vorgesehen, wobei aber noch nicht feststeht, ob die Länder dies in ihrer Verwaltungspraxis umsetzen werden.

Vor diesem Hintergrund muss nüchtern festgestellt werden, dass ein systematisches Monitoring des Flächennutzungswandels, welches über einfache quantitative Statistiken der Flächeninanspruchnahme hinausreicht, derzeit weder auf Bundes- noch auf Landesebene erfolgt. Dies ist ein Grund dafür, dass der siedlungspolitische Diskurs zur Eindäm-

mung der Flächeninanspruchnahme in Form einer nur bedingt sachgerechten „Mengendebatte“ geführt wird. Wesentliche Wirkungsdimensionen der Flächennutzung, wie der Verlust hochwertiger Agrarböden und Naturschutzflächen oder die verkehrsinduzierenden Effekte disperser, gering verdichteter Siedlungsweisen, bleiben gesellschaftlich wenig wahrgenommen.

Auch die Datenlage zur Planung und Regulierung der Flächennutzung unterliegt einigen Restriktionen. Eine kontinuierliche Beobachtung der kommunalen Bauleitplanung ist immer noch eher die Ausnahme als die Regel im Alltag der regionalen Raumordnung. Wenn regionale Bauleitplanungskataster geführt werden, dominieren Datenbank-Ansätze mit Eintragungen zu spezifischen Planaussagen (Art und Maß der geplanten Nutzungen, geplante Wohneinheiten u. ä.), ohne dabei aber eine GIS-Implementierung zu leisten. Entsprechend limitiert sind die räumlichen Analysemöglichkeiten (z. B. durch die nicht gegebene Kopplungsmöglichkeit mit anderen GIS-Datenbasen) und aufwendig verhält sich die Fortschreibung solcher Datenbasen.

Ein weiteres noch weitgehend ungelöstes Problem stellt sich bei der Erhebung von baulichen Nutzungspotenzialen im Siedlungsbestand, hier vor allem in Baulücken, auf Brachflächen sowie in Gebieten mit Umnutzungs- und Nachverdichtungspotenzialen. Hier sind die Planungsträger zumeist auf eigene terrestrische Erhebungen angewiesen, deren Durchführung jedoch äußerst ressourcenintensiv ist.

	FeTN (ALB)	ALKIS	ATKIS	ROK/ PLIS	FIS/UIS
Zustand der Flächennutzung	(✓)	✓	✓	✗	(✓)
Entwicklung der Flächennutzung	(✓)	✓	(✓)	(✓)	✗
Eignungs- und Empfindlichkeitsmerkmale der Bodenfläche	✗	✗	✗	✗	✓
Regulierung der Flächennutzung	✗	✗	✗	(✓)	(✓)

✓ Eignung (✓) eingeschränkte Eignung ✗ keine Eignung

FeTN = Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung ROK = Raumordnungskataster PLIS = Planungsinformationssystem
FIS/UIS = Fach-/Umweltinformationssystem

Abb. 3: Bewertung der Eignung bestimmter Fachdatenbasen für Zwecke eines flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements (Quelle: Eigene Darstellung)

4 Perspektiven für ein weiterentwickeltes Informationsmanagement

Wie in den vorangegangenen Abschnitten dargestellt wurde, liegt eine wesentliche Herausforderung darin, bestehende Daten zur Flächennutzung effektiver für Zwecke eines auf überregionaler, regionaler und kommunaler Ebene angesiedelten Informationsmanagements einzusetzen und dabei moderne Methoden der Geoinformationsverarbeitung zu nutzen. Bereitzustellen ist eine GIS-basierte Dateninfrastruktur, welche für die möglichst standardisierte und automatisierte Berechnung von Indikatoren für Monitoring- und Controllingzwecke auf verschiedenen räumlichen Ebenen einsetzbar ist.

In Abschnitt 2 wurde ausgeführt, dass die Hauptaufgaben des Informationsmanagements im Monitoring der Siedlungs- und Flächennutzungsentwicklung, dem Controlling der Erreichung politisch-planerischer Ziele sowie der öffentlichkeitswirksamen Berichterstattung über die Trends der Flächennutzung und die Umsetzung staatlicher und kommunaler Planungen liegen. Das im Monitoring-Modul zu entwickelnde Indikatorenkonzept kann sich an verschiedenen Vorarbeiten orientieren. So unterscheiden Siedentop et al. (2007; siehe auch Siedentop 2009) nach Indikatoren zu Reduktions-, Schutz- und Erhaltungszielen, nutzungsstrukturellen Zielen sowie Effizienzzielen. Eine noch enger an den praktischen Aufgaben der regionalen und lokalen Planungsakteure orientierte Möglichkeit der Systematisierung liegt in der Differenzierung nach Strukturindikatoren, Potenzialindikatoren und Bewertungsindikatoren:

- Strukturindikatoren bieten einen hochaggregierten Überblick über den Zustand der Flächennutzung zu einem festgelegten Zeitpunkt. Hier wären beispielsweise die Bodenversiegelung, die Freiraumversorgung der Bevölkerung oder die Landschaftszersiedelung und Landschaftszerschneidung für eine übergeordnete Bewertung der Siedlungsstruktur und Flächennutzung relevant. Derartige Messgrößen sind vergleichsweise einfach aus dem ATKIS ableitbar.
- Potenzialindikatoren beschreiben das zukünftig nutzbare Baulandpotenzial im Innenbereich und Außenbereich. Dies betrifft im Innenbereich die Verfügbarkeit von Baulücken und Brachflächen, im Außenbereich das Potenzial an Flächen mit geringen topographischen oder fachplanerischen Restriktionen für bauliche Nutzungszwecke. Derartige Informationen lassen sich mit den Daten des ALK (bzw. zukünftig mit ALKIS-Daten) sowie mit dem ATKIS und geeigneten Daten der Fachplanung (z. B. Schutzgebiete) generieren.
- Bewertungsindikatoren generieren schließlich Informationen, mit denen die zurückliegende Siedlungs- und Flächennutzungsentwicklung ermittelt und bewertet werden kann. Hier kann beispielsweise im Sinne einer „ökologischen Verlustrechnung“ analysiert werden, in welchem Maße Flächen mit höherer ökologischer Wertigkeit für Siedlungs- und Verkehrszwecke in Anspruch genommen wurden.

Tab. 1: Indikatorentypen mit beispielhafter Nennung von zu realisierenden Indikatoren (Quelle: Eigene Darstellung; FeTN = Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, ROK = Raumordnungskataster, PLIS = Planungsinformationssystem; FIS = Fachinformationssystem, UIS = Umweltinformationssystem)

Indikatoren-typ	Indikatoren (beispielhaft)	Fachdatenbasen				
		FeTN	ATKIS	ALKIS	ROK/ PLIS	FIS/ UIS
Struktur-indikatoren	Siedlungs- und Verkehrs-flächenbestand	X	(X)	X		
	Bodenversiegelung		(X)	X		
	Landschaftszersiedelung		X			
	Landschaftszerschneidung		X			X
Potenzial-indikatoren	Baulückenbestand			X		
	Brachflächenbestand			(X)		X
	Baulandpotenzial im Außenbereich				X	X
	Reserveflächen im F-Plan				X	
Bewertungs-indikatoren	Flächeninanspruchnahme	(X)	X*	X		
	Umfang neu in Anspruch genommener Siedlungsflächen auf landschaftsökologisch sensiblen Flächen		(X)	X		X
	Verhältnis von Innen- zu Außenentwicklung			X		X

* datenbankbezogene Versionierung vorausgesetzt

Tabelle 1 nennt beispielhaft Indikatoren aus den drei hier unterschiedenen Indikatorentypen. Nach Möglichkeit sollten dabei solche Indikatoren eingesetzt werden, über deren Erhebung und Berechnung im wissenschaftlich-politischen Raum bereits mehr oder minder Einigkeit herrscht. Als Beispiele können die „effektive Maschenweite“ oder das „Roadless Volume“ zur Ermittlung des Zerschneidungs- und Fragmentierungsgrades angeführt werden. Nicht auszuschließen ist jedoch, dass Länder, Regionen oder Kommunen eine eigenständige Operationalisierung von Sachverhalten vornehmen müssen, da wissenschaftliche oder politische Konventionen über deren Abbildung bzw. Messung nicht existieren.

Die Aktualisierung der Indikatoren kann nach Einlesen neuer Geobasisdaten aus ATKIS und ALK weitgehend automatisiert erfolgen. Dabei muss sichergestellt werden, dass die Indikatoren für verschiedene Raumbezüge berechnet werden können. Neben administrativen Raumbezügen (Gemeinden, Landkreise, Planungsregionen) können auch nicht-

administrative Bezüge (Naturräume, nicht-administrative Planungs- oder Analyseräume, räumliche Kontinua) relevant sein. Letzteres dürfte insbesondere für Zwecke eines Umweltmonitorings bedeutsam sein. Der vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung entwickelte „IÖR-Monitor“ kann hier beispielhaft für ein solches Informationsmanagement genannt werden (siehe hierzu Meinel 2009 und Meinel 2009a).

Im Controlling-Modul werden die vorgeschlagenen Indikatoren mit Zielformulierungen zur gewünschten Entwicklung qualitativ und/oder quantitativ im Sinne eines „Soll-Ist-Vergleichs“ abgeglichen. Während das Monitoring eine Entwicklung beschreibt, verfolgt das Controlling Zwecke der Bewertung (INFRAS et al. 2001). Um einen möglicherweise als zu hoch angesehenen Aufwand zu begrenzen, können nur ausgewählte Leitindikatoren Gegenstand des Controllings sein. Sinnvollerweise sollten diejenigen Ziele einem Controlling unterzogen werden, die sich in quantifizierbaren, damit messbaren Zielgrößen formulieren lassen.

Zusammenfassend sei festgestellt, dass effektive politische Strategien hin zu einer flächensparsameren Siedlungsentwicklung ein weiterentwickeltes Informationsmanagement erfordern, welches neben der indikatorengestützten Datenaufbereitung auch kommunikationsunterstützende Visualisierungswerkzeuge umfassen sollte. Über die Förderung elementarer Bewusstseinsbildungsprozesse in Öffentlichkeit und Politik hinaus unterstützt ein flächennutzungsbezogenes Monitoring und Controlling öffentliche Planungsträger in ihren alltäglichen Aufgaben, in dem

- durch Hilfestellung bei der Berechnung von Indikatoren zur Flächennutzung und ihrer Entwicklung (Monitoring) sowie bei der Analyse und Bewertung von städtebaulichen Entwicklungspotenzialen im Innen- und Außenbereich arbeitsentlastende Routinen verfügbar gemacht werden,
- den Planungsträgern bei der Gewährleistung von gesetzlich geforderten Monitoringpflichten geholfen wird (verwiesen sei hier vor allem auf das SUP-Monitoring),
- vorausschauende Bilanzen zur Umwelt- und Sozialverträglichkeit geplanter städtebaulicher Entwicklungen vereinfacht und so die öffentliche Kommunikation und Akzeptanz regionalplanerischer und stadtentwicklungspolitischer Maßnahmen gestärkt wird und
- öffentliche Planungsträger bei der Aufgabe der Erfolgskontrolle ihrer Strategien und Maßnahmen im Sinne eines kontinuierlichen Abgleichs festgestellter Entwicklungstrends mit qualitativen und quantitativen Zielen der Planung (Controlling) unterstützt werden.

Es sei abschließend ausdrücklich erwähnt, dass in einigen Bundesländern bzw. Regionen Ansätze existieren, die das in diesem Beitrag skizzierte Aufgaben- und Funktionsspektrum eines flächennutzungsbezogenen Informationsmanagements bereits teilweise abdecken. Zu nennen sind hier das Planungsinformationssystem Brandenburg (PLIS), die

Baulandmonitoring-Systeme in den Regierungsbezirken Düsseldorf und Detmold oder das Regionale Rauminformationssystem der Region Stuttgart (Regio-RISS) (siehe hierzu auch Siedentop 2006). Die in diesem Beitrag formulierten Handlungsempfehlungen bieten einige Ansatzpunkte für eine Weiterentwicklung derartiger Aktivitäten.

5 Literatur

Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (2004): Flächenhaushaltspolitik – ein Beitrag zur nachhaltigen Raumentwicklung. Hannover, Positionspapier aus der ARL, Nr. 58.

Baier, H. (2000): Umsetzung des Schutzes von landschaftlichen Freiräumen in der Umweltverwaltung, in: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftsplanung (Hrsg.): Zerschneidung als ökologischer Faktor. Laufen/Salzach.

Birkmann, J. (2004): Monitoring und Controlling einer nachhaltigen Raumentwicklung. Indikatoren als Werkzeuge im Planungsprozess. Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, REGIO spezial 2.

Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin.

Bundesregierung (2008): Fortschrittsbericht 2008 zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Berlin.

Einig, K.; Dora, M. (2008): Raumordnungsplan-Monitor (ROPLAMO): ein bundesweites Informationssystem für Raumordnungspläne. In: Schrenk, M. (Hrsg.): REAL CORP 008 Proceedings. Tagungsband, Wien, S. 375-385.

Einig, K.; Siedentop, S. (2005): Strategien zur Senkung des Flächenverbrauchs. In: Czybulka, D. (Hrsg.): Wege zu einem wirksamen Naturschutz: Erhaltung der Biodiversität als Querschnittsaufgabe. Sechster Warnemünder Naturschutzrechtstag. Baden-Baden: Nomos, S. 159-181.

Einig, K.; Spiecker, M. (2002): Die rechtliche Zulässigkeit regionalplanerischer Mengenziele zur Begrenzung des Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstums. In: Zeitschrift für Umweltrecht, Sonderheft 2002, S. 150-157.

Frerichs, S.; Lieber, M.; Preuß, T. (Hrsg.) (2010): Flächen- und Standortbewertung für ein nachhaltiges Flächenmanagement. Methoden und Konzepte. Berlin (=Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band V).

Fürst, D. (1989): Neue Herausforderungen an die Regionalplanung. In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 2/3, S. 83-88.

Huber, H. (1992): Wettbewerbsorientierte Planung des Informationssystem (IS)-Einsatzes: theoretische und konzeptionelle Grundlagen zur Entwicklung eines integrierten Planungsmodells. Frankfurt a. M.: Verlag Peter Lang.

INFRAS, ORL, C.E.A.T. (2001): Kantonale Richtplanung und Nachhaltige Entwicklung. Eine Arbeitshilfe. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung.

Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein (2010): Abschätzung der Infrastrukturfolgekosten von Wohnnutzungen. Eine Arbeitshilfe für Kommunen. Kiel.

Keiner, M. (2002): Wie nachhaltig ist die Raumentwicklung der Kantone? In: DISP, Heft 150, S. 41-45.

Keiner, M.; Schultz, B.; Schmid, W. A. (2001): Nachhaltige kantonale Richtplanung. In: DISP, Heft 146, S. 18-24.

Köck, W.; Bizer, K.; Siedentop, S.; Einig, K. (Hrsg.) (2008): Handelbare Flächenausweisungsrechte – Anforderungsprofil aus ökonomischer, planerischer und juristischer Sicht. Baden-Baden, Nomos.

Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (2009): Flächenverbrauch einschränken – jetzt handeln. Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt. Berlin.

Krumm, R. (2002): Die Baulandausweisungsumlage als ökonomisches Steuerungsinstrument einer nachhaltigkeitsorientierten Flächenpolitik. Tübingen: Institut für angewandte Wirtschaftsforschung (IAW) (=IAW Diskussionspapiere 7).

Krumm, R. (2007): Neue Ansätze zur flächenschutzpolitischen Reform des Kommunalen Finanzausgleichs. Tübingen: Institut für angewandte Wirtschaftsforschung (IAW) (=IAW Diskussionspapiere 37).

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (2007): Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg. Karlsruhe.

Meinel, G. (2009): Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung auf Grundlage von Geobasisdaten. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring, Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker-Verlag, S. 177-194.

Meinel, G. (2009a): Konzept und Struktur eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung, Proceedings der 29. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF (Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung u. Geoinformation). Jena, S. 245-252.

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg (2004): Aktionsbündnis „Flächen gewinnen in Baden-Württemberg“. Stuttgart.

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2006): Manifest „Allianz für die Fläche“. Düsseldorf.

Nachhaltigkeitsbeirat Baden-Württemberg (NBBW) (2010): Nachhaltiges Flächenmanagement in Baden-Württemberg: vom Wachstums- zum Bestandsmanagement. Stuttgart.

Preuß, T.; Floeting, H. (Hrsg.) (2009): Folgekosten der Siedlungsentwicklung. Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen-Betrachtung. Berlin 2009 (=Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band III).

Rat für Nachhaltige Entwicklung (2004): Mehr Wert für die Fläche: Das „Ziel-30-ha“ für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land. Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung an die Bundesregierung. Berlin.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2002): Umweltgutachten 2002. Für eine neue Vorreiterrolle. Wiesbaden.

Siedentop, S. (1999): Kumulative Landschaftsbelastungen durch Verstädterung. Methodik und Ergebnisse einer vergleichenden Bestandsaufnahme in sechs deutschen Großstadtregionen. In: Natur und Landschaft, Heft 4, S. 146-155.

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. (2006): Regionale Flächeninformationssysteme als Bestandteile des Regionalen Flächenmanagements – Entwicklungsstand und Perspektiven. In: Job, H.; Pütz, M. (Hrsg.): Flächenmanagement. Grundlagen für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung mit Fallbeispielen aus Bayern. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Arbeitsmaterial, Nr. 322, S. 67-83.

Siedentop, S. (2009): Nachhaltig-umweltgerechte Siedlungsentwicklung – Schlüsselindikatoren der Flächennutzung im Ländervergleich. In: Meinel, G., Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen, Shaker Verlag, S. 105-122.

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, Universität 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. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.

Statistisches Bundesamt (2010): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2010. Wiesbaden.

Zieschank, R. (1999a): Bodenschutzpolitik: Zur Ergänzung rechtlicher Regulierung durch Elemente kommunikativer Umweltpolitik. Berlin: FU Berlin, Forschungsstelle für Umweltpolitik, FFU-Report 09-1999.

Zieschank, R. (1999b): Politische Funktionen einer raumbezogenen Umweltberichterstattung. In: Bergmann, A.; Einig, K.; Hutter, G.; Müller, B.; Siedentop, S. (Hrsg.): Siedlungspolitik auf neuen Wegen. Steuerungsinstrumente für eine ressourcenschonende Flächennutzung Berlin: edition sigma, S. 143-157.

Regionalisierte Trends der Flächeninanspruchnahme – Anforderungen an ein qualifiziertes Monitoring

Fabian Dosch, Gisela Beckmann

Zusammenfassung

Noch immer stellt die Flächenerhebung die wichtigste Datengrundlage für das bundesweite Monitoring der Siedlungsflächenentwicklung und die Erreichung des 30 ha Ziels im Jahr 2020 dar. Die jüngsten Ergebnisse der Flächenerhebung deuten auf eine Trendwende bei der Flächenneuinanspruchnahme hin, wenngleich noch weit entfernt vom 30 ha Ziel. Die Statistik und insbesondere der Summenparameter Siedlungs- und Verkehrsfläche stehen aber in der Kritik, die tatsächliche Flächenneuinanspruchnahme aufgrund von Umstellungen der Erhebungsgrundlagen nicht mehr korrekt abzubilden. Die Erhebungsmethodik ist im Umbruch. Deshalb soll die Flächenstatistik auf den Prüfstand gestellt werden, wie Koalitionsvertrag und Bund/Länder Beschlüsse fordern. Nur auf Basis plausibilitätsgeprüfter Daten der Flächenstatistik ist derzeit eine fundierte Interpretation regionalisierter Trends der Flächenneuinanspruchnahme möglich. Möglichkeiten werden dargelegt, wie die Anforderungen an ein qualifiziertes Monitoring umgesetzt werden können.

1 Ergebnisse der Flächenerhebung

Die Siedlungsexpansion, definiert als Flächenneuinanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke, ist seit Jahrzehnten eines der Kernprobleme der Raumordnung und Landschaftsentwicklung – stets intensiv thematisiert und diskutiert, aber real nicht gestoppt.

1.1 Langfristtrend Siedlungsexpansion

Der Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV) seit 1950 von 7 % auf 13 % (2008) Anteil an der Bodenfläche Deutschlands ging vornehmlich zu Lasten landwirtschaftlicher und naturnaher Flächen. Seit den 1960iger Jahren nahm in *West*deutschland die Siedlungsfläche um fast 140 % zu, die Verkehrsfläche dehnte sich um etwa 40 % aus; gleichzeitig wuchsen Bevölkerung und Erwerbstätige nur um rd. 20 %. Parallel dazu wuchs dort zwischen 1950 und 2008 die Pro-Kopf-Wohnfläche von ca. 15 m² auf rd. 43 m² sowie die SuV je Einwohner von 346 m² auf 550 m².

In *Ost*deutschland entfalteten sich die stadtregionalen Dekonzentrationsprozesse erst nach 1990 mit äußerst hoher Dynamik, getrieben u. a. durch eine die Suburbanisierung

fördernde Subventionspolitik (u. a. „Sonder-AfA[1]-Ost“), verbunden mit Leerstand und Brachfallen im Siedlungsbestand.

Dem Stuttgarter Luftbildfotograf Albrecht Brugger sind Aufnahmen für Baden-Württemberg um 1960, Ende der 1980er Jahre und Ende der 2000er Jahre aus vergleichbarer Perspektive zu verdanken. Ein Beispiel zeigt die Entwicklung rund um den Stuttgarter Flughafen auf den Bildern, die zu den fruchtbarsten Böden im Bundesgebiet zählen (Abb. 1). Die starke Ausdehnung der Siedlungsfläche hält in diesem wirtschaftsstarken Raum bis heute an.

Abb. 1: Schrägluftbilder Großraum Stuttgart-Flughafen 1957, 1988, 2007 (Quelle Fotos: LMZ 2009, Bildauszug)

1.2 Trendwende bei der Flächeninanspruchnahme

Seit einigen Jahren ist die Flächenneuinanspruchnahme – umgangssprachlich Flächenverbrauch – für Siedlungs- und Verkehrszwecke in Deutschland rückläufig. Nach den offiziellen Statistiken vom letzt verfügbaren Vierjahreszeitraum 2005 bis 2008 (StBA 2009) nahm die SuV in Deutschland insgesamt um 3,3 % oder 1 516 km² zu. Das entspricht einem täglichen Anstieg von 104 ha (darunter West 68 ha, Ost 36 ha) oder einer Umwidmung von 12 m² pro Sekunde. Im Vergleich zum vorangegangenen Zeitraum 2001 bis 2004 mit einem Anstieg von 115 ha pro Tag hat sich der Flächenverbrauch somit verlangsamt, im Einzeljahr 2008 sogar auf 95 ha pro Tag.

Seit Beginn der 90iger Jahre weisen die Gebäude- und Freiflächen (GFF) einen starken, überwiegend baukonjunkturell bedingten Rückgang der täglichen Zunahmen von 82 ha (1993 bis 1996) auf 33 ha (2005 bis 2008) auf (Abb. 2). Innerhalb der GFF entfiel zwischen 2005 und 2008 der weitaus größte Teil auf Wohnbau, während der Nichtwohnungsbau nur geringe Zuwächse hatte. Die Verkehrflächen wachsen seit 1993 gleichmäßig und nehmen daher relativ immer größere Anteile an der gesamten Flächenneuinanspruchnahme der SuV ein.

[1] AfA (Absetzung für Abnutzung) ist der steuerrechtlich zu ermittelnde und als Betriebsausgabe abzugsfähige Wertverlust. Bei der Sonder-AfA-Ost waren hohe Sonderabschreibungen für Gebäude des Privatvermögens auf Grundlage des Fördergebietsgesetz möglich.

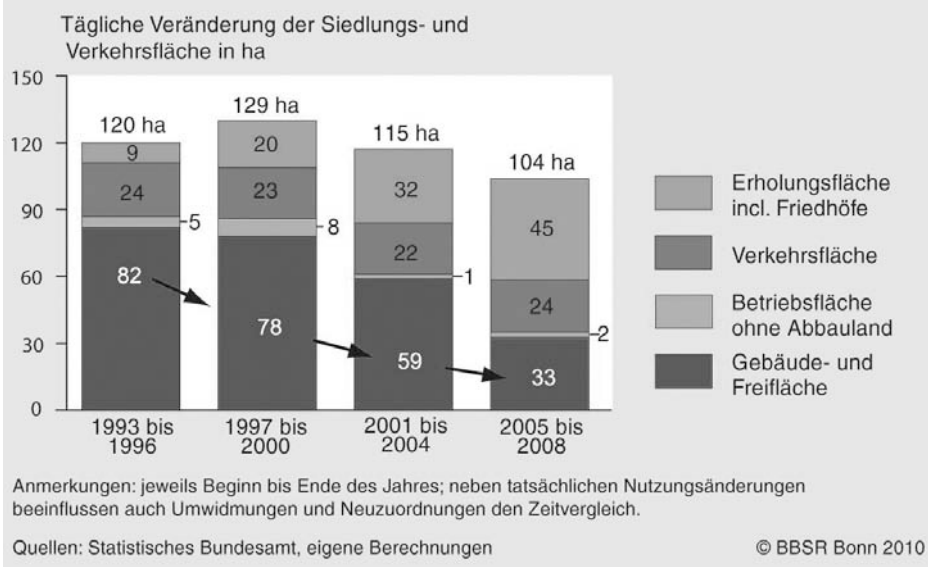


Abb. 2: Tägliche Veränderung der Nutzungsarten der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland in 4-Jahres-Schritten 1993-2008

Von allen Nutzungsarten der SuV ist der Zuwachs der Erholungsfläche nach den offiziellen, unbereinigten Daten am größten. Er liegt bei 45 ha pro Tag (2005-2008) und stieg seit 1993 um fast das Fünffache, wobei dieser Zuwachs weitgehend auf statistische Umschlüsselungen zurückzuführen ist (s. Kap. 2).

Der Höhepunkt der siedlungs- und verkehrsbedingten Flächenneuinanspruchnahme ist überschritten. In Folge der lahmenden Baukonjunktur wurden 2008 bundesweit etwa 70 % weniger Wohnungen als 1990 fertiggestellt, und die Zahl der Baugenehmigungen ging seit 1994 bis 2008 von 712 636 auf 174 691 zurück (BMVBS 2010, 90 f.) Nicht zuletzt aufgrund dieser stark rückläufigen Bautätigkeit wurde 2008 mit „nur“ 61 ha täglich im *westlichen* Bundesgebiet die niedrigste Neuinanspruchnahme seit fünfzig Jahren verzeichnet. Auch in *Ostdeutschland* ist der Flächenverbrauch bei nachlassender Suburbanisierung deutlich rückläufig, und die enormen Flächenüberhänge der 1990er Jahre führen nur noch zu moderaten Neuausweisungen an Wirtschaftsflächen. Gerade in den neuen Bundesländern sind rückblickende Zeitreihen aufgrund von Neuzuordnungen und Umstellungen in der Statistik nur eingeschränkt möglich.

Betrachtet man den einwohnerspezifischen Flächenverbrauch und dessen räumliche Unterschiede, so liegen die höchsten Zunahmen 2005-2008 in Regionen außerhalb der großen Agglomerationsräume, während die Flächenzuwächse in den großen Ballungsräumen vergleichsweise niedrig sind. Dies verdeutlicht das folgende Kartogramm (Abb. 3), in dem sich die Größe der Gebiete proportional zu ihrer Einwohnerzahl (vgl. Beitrag Burgdorf) verhält.

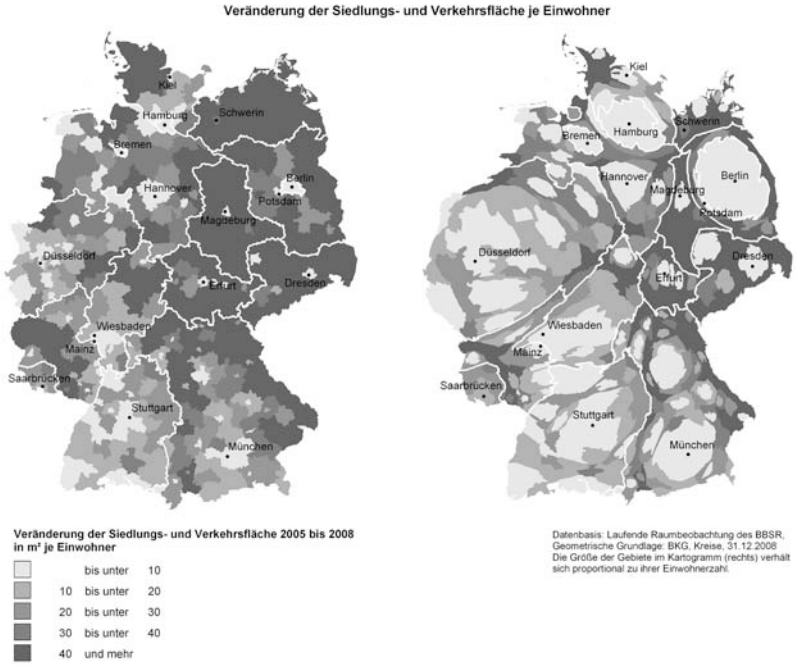


Abb. 3: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche je Einwohner in Deutschland 2005-2008 (Kartogramm)

2 Trends auf Basis bereinigter Daten

2.1 Erhebungsmethodik der Flächenerhebung im Umbruch

2.1.1 Flächenerhebung als Datenbasis

Die „Flächenerhebung stellt zurzeit die beste Datenbasis dar, um Veränderungen in der Flächennutzung und die damit verbundenen Aspekte (z. B. Zerschneidung von Landschaftsräumen, Lärm- und Schadstoffemissionen auch durch zusätzliche Verkehrsmengen, Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und das Landschaftsbild, Ressourcenverbräuche und Verlust landwirtschaftlicher Produktionsgrundlagen) zu erfassen. Der Indikator hat sich bewährt und wird sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene angewendet.“ (LABO 2010). Nach wie vor ist die Flächenerhebung (StBA 2009) somit wichtigste Datengrundlage zur Ermittlung der Flächeninanspruchnahme. Für das alte Bundesgebiet war ein Zeitvergleich, zumindest von der letzten großen Umstellung der Bodennutzungshaupterhebung auf die Flächenerhebung 1979/1981 bis weit in die 2000er Jahre unproblematisch.

2.1.2 Umstellung auf ALKIS

Die Erfassungsgrundlage der Flächenstatistik befindet sich nun aber in einer Phase großer Umstellung vom automatisierten Liegenschaftsbuch und -kataster (ALK, ALB) zu ALKIS, dem Amtlichen Liegenschafts-Kataster-Informations-System. Zwar hat sich die Qualität der amtlichen Flächenstatistik im Hinblick auf die Abbildung der tatsächlichen Bodennutzung stetig verbessert, demgegenüber ist die Nutzbarkeit der Daten für Zeitvergleiche erheblichen Restriktionen ausgesetzt. Die Vergleichbarkeit der Datenreihen ist insbesondere wegen Umstellung der technischen und organisatorischen Verfahren der Datenerfassung und -zuordnung eingeschränkt. Hinzu kommen weitere Gründe, u. a. zeitverzögerte Erfassung, anlassbezogene Neuvermessungen mit entsprechenden Korrekturen oder die Schwierigkeit der einheitlichen Nutzungszuordnung und Interpretation nach differenziertem Nutzungsartenkatalog.

Die Umstellung der Flächenerhebung auf ALKIS, das die bedeutendste Datenquelle für zukünftiges Monitoring sein wird (Siedentop, Fina 2010), kann noch bis zum Jahr 2015 dauern. Bis dahin ist es aus Sicht der Nutzer zu begrüßen, wenn für die Zwecke der Flächenstatistik zunächst eine Fortführung der bisherigen Datenstrukturen gewährleistet wird[2], bevor komplett auf ALKIS umgestellt wird.

2.1.3 Umstellungen erschweren Zeitvergleiche

Es besteht ein weitgehender Konsens darüber, dass ein erheblicher Teil der statistischen Flächenzuwächse in den neuen Bundesländern keine realen Flächennutzungsänderungen repräsentiert, sondern seinen Ursprung in der Anpassung und Umstellung der Erhebungsmethoden der Flächenstatistik hat (Deggau 2009; Siedentop, Fina 2010). Die Nutzungsart Erholungsfläche ist dabei von besonderer Bedeutung. Es wird deutlich, dass:

- eine Migration von Flächen aus anderen Nutzungsarten zu den Erholungsflächen stattfand, deren Umfang nur begrenzt nachvollziehbar ist. Die stärksten Ausprägungen dieses statistischen Effekts waren in der Vergangenheit in den Bundesländern Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen zu beobachten;
- in immer größeren Umfang im gesamten Bundesgebiet Grünanlagen neu erfasst wurden, die zuvor anderen Flächennutzungsarten zugeordnet waren;
- die Analyse von Daten, die auf Grundlage der oberen Befunde weitgehend bereinigt wurden, zeigt, dass Flächenzuwachs für Erholung ein Spiegelbild der allgemeinen Tendenzen zur „Freizeitgesellschaft“ und der damit verbundenen Branchenentwicklungen ist (Distelkamp et al. 2010).

[2] Für künftige Auswertungen könnte ein auf Bundesebene abgestimmtes Verfahren der Datenbereinigung die Interpretation bis zum Abschluss der Umstellungen auf ALKIS erleichtern.

Darüber hinaus werden derzeit auch in den alten Bundesländern bei allen Flächennutzungsarten Umstellungen vorgenommen, die die Qualität der Flächenerhebung für Zeitreihenvergleiche beeinträchtigen. So zeigen beispielsweise Fallstudien-Vergleiche für Nordrhein-Westfalen, dass dort der Flächenverbrauch der letzten acht Jahre durch die verfügbaren Daten der amtlichen Flächenstatistik zweifelsohne überschätzt wird (Siedentop, Fina 2010).

2.1.4 Plausibilitätstests und Bereinigungen der Datenbasis

Es ist daher erforderlich, die Rohdaten der Flächenerhebung Plausibilitätstests zu unterziehen und statistische Bereinigungen vorzunehmen. Deshalb wurden für die nachfolgenden Auswertungen (Kap. 2.2) Datenvalidierungen und Recherchen, z. B. über die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen oder bei ausgewählten Gemeinden durchgeführt. Zur Bereinigung der Daten erfolgte:

- eine Kontrolle des oberen und unteren Perzentils der Datenreihe,
- eine Kontrolle der Entwicklung der einzelnen SuV-Nutzungsarten, insbesondere der Gebäude- und Freifläche, Verkehrs- sowie Erholungsfläche. Nicht plausible Werte jenseits bekannter Großprojekte wurden nach definierten statistischen, logischen und siedlungsstrukturellen Kriterien ausgeschlossen,
- ein Abgleich mit der Bautätigkeit.[3]

Abschließend wurde ein Datensatz[4] für aggregatstatistische Typisierungen zusammengestellt und es wurden bundesweite Hochrechnungen durchgeführt.

Zwischen den Ergebnissen der offiziellen und bereinigten Daten gibt es z. T. merkliche Abweichungen (vgl. Kap. 2.2). Sie verweisen auf die bereits erläuterte Uneinheitlichkeit der Datenerfassung, die teilweise zu schwer vergleichbaren Datengrundlagen führen. Insgesamt machen die starken Abweichungen deutlich, dass in Zukunft, insbesondere bei Zeitvergleichen und bei der Erfolgskontrolle flächenpolitischer Ziele, die Eingangsdaten sehr viel stärker auf Plausibilität zu prüfen sind und neben der Flächenstatistik möglichst auch andere Datenquellen herangezogen werden sollten.

[3] Davon betroffen waren z. B. alle Fälle mit einer negativen Entwicklung der SuV, neben der Erholungsfläche insbesondere auch Kreise und Gemeinden mit unplausibler GFF, z. B. mit einem stark abweichenden Quotienten neugeschaffener Wohn-Nutzflächen (Bautätigkeit) je Gebäude- und Freiflächenzunahme.

[4] Aggregatstatistische Typisierungen wurden mit Basisdaten von 356 Kreisen durchgeführt.

2.2 Flächenerhebung 2008: Ex-post-Analysen, plausibilisierte Daten und regionalisierte Trends

Nach den Berechnungen auf Basis der bereinigten Daten liegt der Flächenverbrauch 2005-2008 bei ca. 87 ha/Tag, die bereinigte Gebäude- und Freifläche (GFF) weist allerdings mit einem Zuwachs von 46 ha deutlich höhere Werte auf als offiziell (vgl. Tab. 1).[5]

Tab. 1: Flächeninanspruchnahme nach offiziellen und bereinigten Daten (Quelle: Eigene Berechnungen)

	Siedlungs- und Verkehrfläche				Gebäude- und Freifläche			
	Entwicklung 2005-2008 in Prozent		Veränderung in ha/Tag		Entwicklung 2005-2008 in Prozent		Veränderung in ha/Tag	
	Offiziell	Bereinigt	Offiziell	Bereinigt	Offiziell	Bereinigt	Offiziell	Bereinigt
Bund	3,3	2,8	104	87	2,0	2,8	33	46
West	2,8	2,7	68	65	2,8	2,9	36	37
Ost	5,0	3,2	36	23	-0,9	2,4	-3	9

Doch auch bereinigt liegt der Rückgang der SuV-Zunahme noch weit entfernt von dem Ziel der Bundesregierung, den Flächenverbrauch auf 30 ha/Tag im Jahr 2020 zu begrenzen, während das Jahr 2020 immer näher rückt. Wirtschaft und Bevölkerung stagnieren; unterdessen bleibt der Flächenverbrauch relativ hoch und Siedlungsdichten nehmen außerhalb der Zentren weiterhin stark ab.

Für den Zeitraum 2005-2008 zeigen die regionalisierten Auswertungen der Flächenerhebung mit bereinigten Daten:

- Die Flächenneuinanspruchnahme steigt mit einem Stadt-Land Gradienten in West, in Ost ist es genau umgekehrt (Abb. 4). Der Flächenverbrauch findet weitgehend abgekoppelt von der Bevölkerungsentwicklung statt.

[5] Dies ist das Ergebnis des hier gewählten Verfahrens der Datenbereinigung und Hochrechnung. Da die Überschätzung der Erholungsflächenzunahmen im Datensatz nur teilweise eliminiert werden konnte, liegen die Neuinanspruchnahmen möglicherweise noch niedriger.

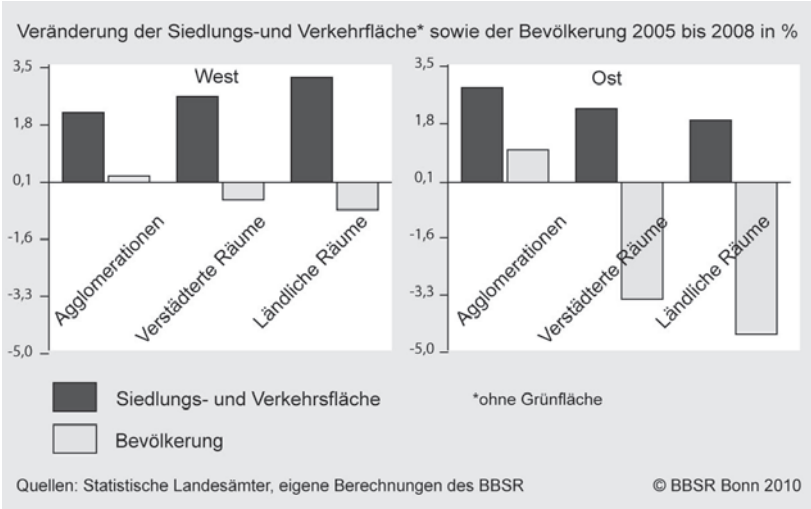


Abb. 4: Flächenverbrauch und Bevölkerungsentwicklung West/Ost nach Regionstypen 2005-2008

- Erwartungsgemäß treten auch markante Unterschiede zwischen Verdichtungsräumen und ländlichen Räumen auf: In Verdichtungsräumen ist der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche überdurchschnittlich hoch, die Flächeninanspruchnahme pro Kopf und der Flächenzuwachs dagegen unterdurchschnittlich. Umgekehrt sind in ländlichen Räumen Flächenzuwachs und Pro-Kopf-Verbrauch im Allgemeinen überdurchschnittlich, der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil an der Gesamtfläche ist aber vergleichsweise niedrig.[6]
- Darüber hinaus ist der Flächenneuverbrauch je Einwohner besonders gering in Regionen mit Bevölkerungszuwachs und besonders hoch in Regionen mit Bevölkerungsrückgang (Abb. 5).

[6] Dies korrespondiert mit einem entsprechenden Bodenpreisgefälle und damit einhergehenden Abwägungsprozessen bei Standortentscheidungen privater Haushalte, bei denen Transportkosten, Immobilienkosten und Umweltqualitäten einander gegenübergestellt werden.

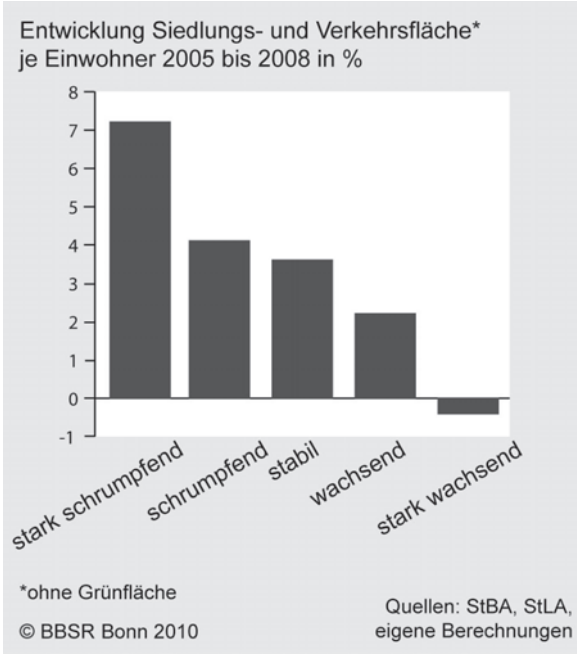


Abb. 5: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche einwohnerspezifisch nach Wachstumskriterien 2005-2008

- Die prozentuale Veränderung der Flächenneuinanspruchnahme ist im Süden hoch, je Einwohner jedoch gering und noch geringer entlang der Agglomeration Rhein-Neckar/Rhein-Ruhr. Der Flächenverbrauch je Einwohner ist im Osten und altindustrialisierten Regionen am höchsten.
- Die Suburbanisierung hält mit einem Gradient des Flächenverbrauchs von den Kernstädten hin zu den ländlichen Räumen an. In Ost allerdings wachsen Gemeinden ländlicher Räume deutlich schwächer als in West (Abb. 6).

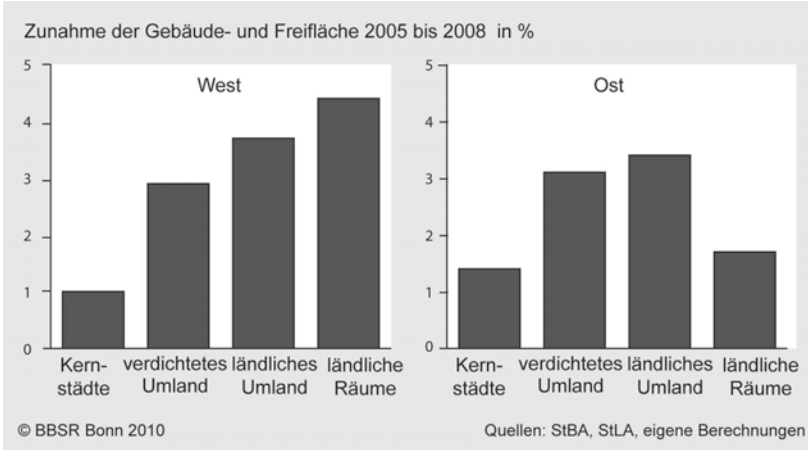


Abb. 6: Zunahme der Gebäude- und Freifläche West/Ost prozentual nach siedlungstrukturellen Kreistypen 2005-2008

- Suburbanisierungsmuster sind nach wie vor erkennbar, z. B. rund um Berlin, München oder Hamburg. Relativ periphere Regionen, wie das Emsland, Holstein, die Pfalz oder Südbayern, weisen z. T. große Zuwächse auf, aber kleinräumig ergeben sich regional große Unterschiede. Auffällig ist, dass neben dem Saarland und Hessen weite Teile in ländlichen Regionen Nordostdeutschlands einen nur geringen Zuwachs aufweisen. Der Flächenverbrauch infolge neuer Autobahntrassen, wie entlang der A20, ist deutlich erkennbar (Abb. 7).

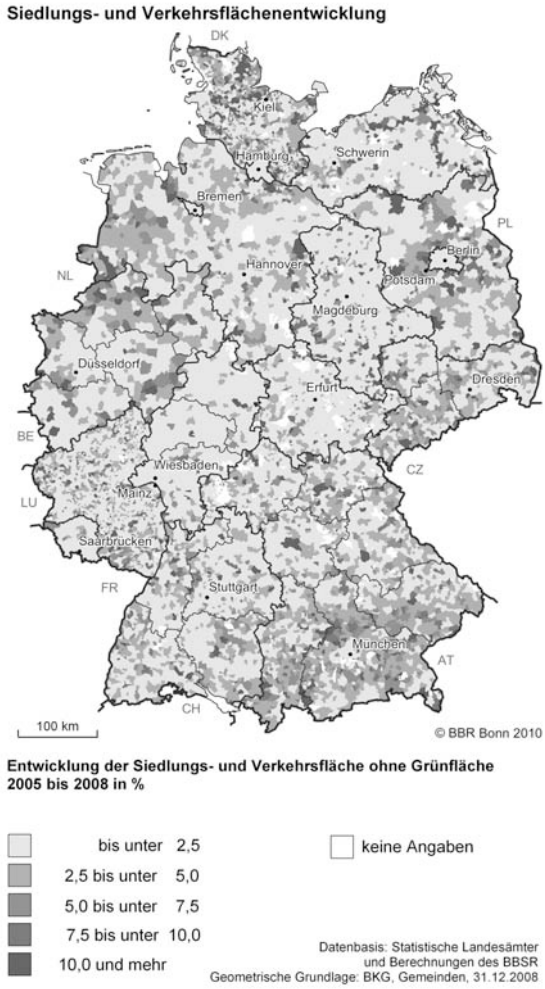


Abb. 7: Flächenverbrauch (ohne Grünflächen) auf Gemeindebasis 2005-2008

- Die regional sehr unterschiedlich verlaufende Bevölkerungs- und Siedlungsflächenentwicklung führt zu ebenso unterschiedlichen Siedlungsdichten in den Regionen. Die nordöstlichen Bundesländer und Niedersachsen weisen z. T. einen bereits doppelt so hohen pro-Kopf-Bestand an Siedlungsfläche auf wie Baden-Württemberg oder Nordrhein-Westfalen und liegen auch bei der Zunahme erheblich über jener von Hessen oder Baden-Württemberg (Abb. 8).
- Der Rückgang der Siedlungsdichte ist ubiquitär, wenngleich regional unterschiedlich intensiv: Im bereinigten Datensatz sank sie 2005-2008 im Westen von 1 976 auf 1 925 Einwohner, im Osten von 2 129 auf 2 053 Einwohner je km² SuV ohne Grünfläche.

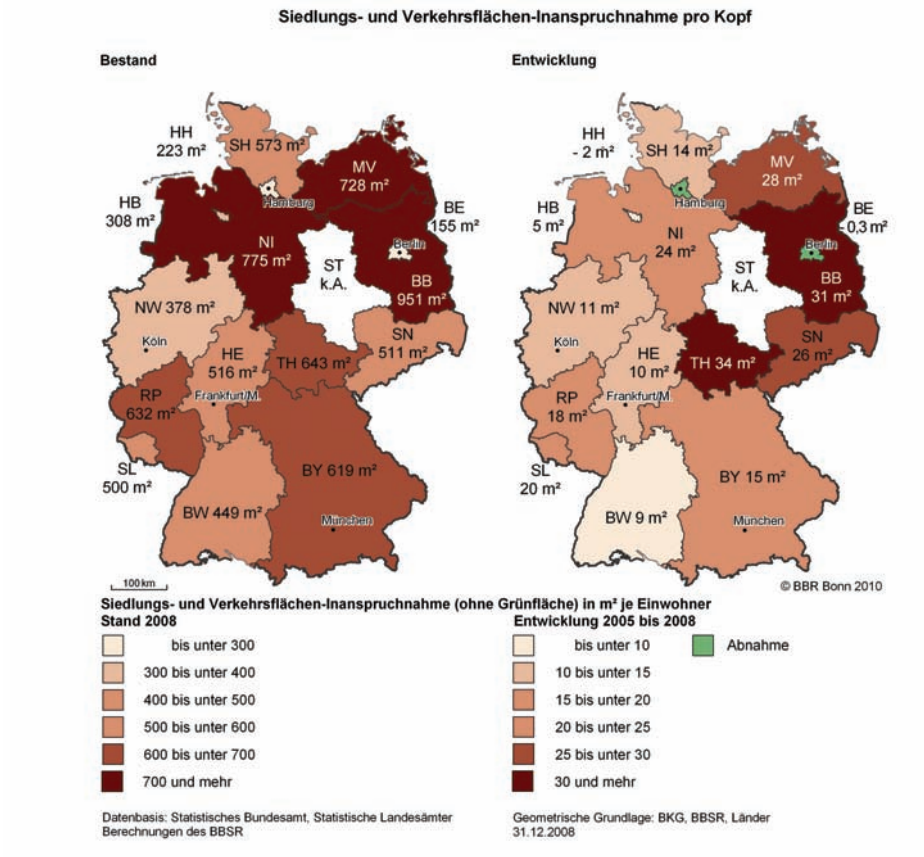


Abb. 8: Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Einwohner nach Bundesländern: Bestand 2008 und Zunahme 2005-2008

- Bereits heute weist der der Siedlungstyp „ländliches Umland“ einen fast doppelt so hohen Verkehrsflächenanteil an der SuV auf, als Kernstädte. Zwischen 2005 und 2008 finden in Kernstädten kaum noch Zunahmen statt, anders als in ländlichen und peripheren Regionen mit weiterhin hohen Zunahmen.

Nahezu 70 % der Flächenneuinanspruchnahme findet außerhalb der verdichteten Regionen statt und davon wiederum 70 % in Gemeinden ohne zentralörtliche Funktion. Eine zunehmende Unterauslastung von Infrastrukturen wird zu steigenden Kosten pro Einwohner führen.

3 Forderungen nach Differenzierung des Indikators SuV: Was bedeutet dies für das Flächenmonitoring?

3.1 Politische Zielstellung

Der Koalitionsvertrag der 17. Bundesregierung zielt auf eine Neudefinition des Flächeninanspruchnahmeziels in Richtung qualitativer Aspekte. Das bedeutet beispielsweise eine stärkere Orientierung an der tatsächlichen Zerschneidung oder Versiegelung von Lebensräumen. Diese Forderung wurde von Bundesminister Ramsauer jüngst aufgegriffen[7]: „Die Erfassung der Flächeninanspruchnahme muss sich gleichzeitig stärker an der Wirklichkeit orientieren. Für mich heißt das, die Erholungsflächen nicht als Flächenverbrauch zu rechnen.“ „(…) Darüber hinaus soll sich die Erfassung der Flächeninanspruchnahme stärker an der tatsächlichen Umwidmung, Versiegelung oder Zerschneidung von Lebensräumen orientieren“.

Laut MKRO (2010) verfügt ein großer Teil der Erholungsflächen über wichtige Freiraumqualitäten, d. h. neue Erholungsflächen bedeuten beispielsweise siedlungsnahe Grünzüge bzw. Grüngürtel oder neue Grünanlagen in den Siedlungen. Die MKRO fordert eine qualitative Differenzierung der Bewertung des Indikators Flächeninanspruchnahme (vgl. Textbox).

Es wird vorgeschlagen, dass

- (…) sich die **Erfassung der Flächenneuinanspruchnahme** stärker an der tatsächlichen Umwidmung, Versiegelung oder Zerschneidung von Lebensräumen orientiert sowie dass die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme zutreffender zum Ausdruck gebracht wird;
- der zur Zeit verwendete **Indikator** „Siedlungs- und Verkehrsfläche“ dadurch qualitativ stärker differenziert wird, dass eine getrennte Betrachtung und Bewertung von „Gebäude- und Freiflächen“ sowie „Verkehrsflächen“ einerseits und der „Erholungsflächen“ andererseits erfolgt;

[7] Bundesminister Ramsauer, BMVBS Pressemitteilung Nr.: 144/2010

- das **Messkonzept** so ausgestaltet wird, dass sich Erfolge beim Flächenrecycling und bei der Nachverdichtung in der Flächenbilanz niederschlagen;
- zum besseren Verständnis der Gesamtproblematik die **Indikatoren** „Entwicklung der versiegelten Fläche (Bodenversiegelung)“, „Entwicklung der Gebäude- und Freifläche“ und „Entwicklung der Siedlungsdichte“ in die Bewertung einbezogen werden und dass
- bei der **Kontrolle** des Ziels „Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme“ auf die Zurechnung der Erholungsfläche verzichtet wird (…)
- (…) **ergänzende Ansätze zum Flächenmonitoring** insbesondere auf Grundlage von Fernerkundungsmethoden (…) im Hinblick auf eine bundesweit vergleichbare Datenbasis evaluiert werden.

Quelle: MKRO 2010

3.2 Wie können diese Forderungen umgesetzt werden?

- Die Auswertung der Flächenerhebung zeigt, dass eine getrennte Auswertung der einzelnen Nutzungsarten der SuV zur besseren Beurteilung der Flächeninanspruchnahme – möglichst auf Basis der bereinigten Daten (vgl. Kap 2.2) – erfolgen sollte.
- Dies gilt auch für die Kontrolle des Ziels „Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme“, wobei hier nicht auf die Zurechnung der Erholungsfläche in Gänze verzichtet werden sollte, sondern nur auf die Grünflächen, da insbesondere in dieser Unterposition hohe Ungenauigkeiten auftreten und ein anderer Teil des Zuwachses jedoch tatsächlich dem gestiegenen Freizeitverhalten durch Sport- und Freizeitflächen entspricht.
- Zur Ermittlung der Bodenversiegelung werden zunehmend fernerkundliche Methoden eingesetzt, die für ein kontinuierliches, kostengünstiges und kleinräumiges Monitoring aber noch nicht eingesetzt werden können.
- Die bundesweite Erhebung der Landschaftszerschneidung wird nach der Methode der effektiven Maschenweite und deren Weiterentwicklung vom Bundesamt für Naturschutz durchgeführt.

Generell wird zu erforschen sein, wie Fernerkundungsmethoden stärker in das Flächenmonitoring einbezogen werden könnten, freilich vor dem Hintergrund rahmensetzender Parameter: bundesweite Verfügbarkeit, hochauflösend, multitemporal, kosteneffizient, transparent u. a.

3.3 Einführung qualifizierter Indikatoren

Hinsichtlich der Verbesserung der Indikatoren hat die Umweltministerkonferenz Vorschläge für eine entsprechende Qualifizierung vorgelegt (CdS 2009). In ihrem abschließenden Bericht wird dargelegt, dass der Indikator „Flächeninanspruchnahme" auch weiterhin als Kernindikator für die Darstellung des Entwicklungstrends der SuV dienen soll (LABO 2010). Als Ergebnis interdisziplinärer Beratungen in Arbeitsgruppen werden „Zur Verbesserung der Aussagekraft bei der Anwendung im Flächenmanagement, für eine stärkere qualitative Differenzierung und zur besseren Einschätzung der Effizienz von Flächennutzungen (…) auf der Grundlage der Flächenerhebung folgende Ergänzungsindikatoren vorgeschlagen:

- Entwicklung der Siedlungsdichte: Die Siedlungsdichte wird als Verhältnis der Einwohnerzahl zur SuV berechnet (Einwohner je km² SuV-Fläche). Sie drückt die Einwohnerdichte innerhalb eines Siedlungsraums aus und bildet die Nutzungseffizienz ab. Aus Gründen der Tragfähigkeit von Infrastruktur wie auch ihrer kosteneffizienten Nutzung ist eine Begrenzung der Abnahme der Siedlungsdichte erforderlich.
- Entwicklung der Gebäude- und Freiflächen: Für eine differenzierte Abbildung der tatsächlichen Bebauung sollte die Entwicklung der Gebäude- und Freiflächen (GFF) zusätzlich herangezogen werden (Veränderung GFF je Zeitraum in ha/Tag). Als Datenbasis dient die Veränderung der eigentlich baulich genutzten Siedlungsfläche, der baulich geprägten Flächen (…)." (LABO 2010, 11).

Beide Indikatoren lassen sich vergleichsweise leicht umsetzen, wie die o. g. Berechnungen (vgl. Kap. 2.2) zeigen.

3.4 Ermittlung der Bodenversiegelung durch Fernerkundung

Die Nutzung ergänzender Fernerkundungsdaten für ein qualifiziertes Flächenmonitoring insbesondere zur Ermittlung der Bodenversiegelung zeichnet sich immer mehr ab. So wird z. B. eine pixelbasierte, automatische Erfassung der Bodenversiegelung über kalibrierte Vegetationsindizes aus Satellitendaten abgeleitet und auf Gemeindeebene gemittelt.[8] Die Ergebnisse liegen allerdings derzeit nur für die Bundesländer Bremen und Niedersachsen vor (LBEG 2009). Bundesweit wurde die Bodenversiegelung im Rahmen des Projektes Flächenbarometer ermittelt.[9] Im Ergebnis, bestätigt durch andere Verfahren, ist die SuV zu etwa 46 % versiegelt (vgl. auch Gunreben et al. 2007; BFLR 1996);

[8] Erstellt im Rahmen des Projektes ESA GSE Stage 2 GSE Land.

[9] Der im Kontext einer bayerischen Studie angewandte Ansatz beruht auf einem halbautomatisierten Verfahren, das zunächst über Techniken der digitalen Bildanalyse eine Modellierung von Versiegelungsgraden mittels multispektraler Satellitendaten vollzieht. Dabei wird eine geringe Anzahl räumlich höchstauflösender Ikonos-Satellitendaten mit sehr begrenzter flächenhafter Abdeckung genutzt, um räumlich geringer aufgelöste Landsat-Szenen mit bedeutend höherer Flächenabdeckung für die Erfassung von Versiegelungsgraden zu trainieren.

der tägliche Zuwachs an versiegelter Fläche liegt bundesweit bei ca. 40 ha. Somit sind ca. 22 000 km² oder etwa 6 % des Bundesgebietes versiegelt.

3.5 Bilanzierung des Flächenverbrauchs und -recyclings

Schwieriger wird es hingegen, das Messkonzept so auszugestalten, dass sich Erfolge beim Flächenrecycling und bei der Nachverdichtung in der Flächenbilanz niederschlagen.

Zur Nachverdichtung und Potenzialerhebung für Innenentwicklung können ggf. die methodischen Ansätze verschiedener Projekte genutzt werden, beispielsweise die des Bundesamtes für Naturschutz oder des BBR-Flächenbarometers sowie deren Weiterentwicklung in ausgewählten REFINA-Projekten[10] (BBR 2007).

Entsprechende Erfahrungen dazu bieten einzelne REFINA-Projekte, wie „Neue Handlungshilfen für eine aktive Innenentwicklung (HAI)“, „komreg: Kommunales Flächenmanagement“ in der Region oder „Regionales Portfoliomanagement“ (Frerichs et al. 2010). Nicht zuletzt muss auch die Eignung von Fernerkundungsmethoden in diesem Kontext untersucht werden.

Ebenfalls schwer gestaltet sich die Bilanzierung des Flächenverbrauchs mit der Wiedernutzung brachliegender Bestandsflächen. In Ermangelung bundesweiter Statistiken führt das BBSR periodisch eine Baulandumfrage mit Erfassung der Wiedernutzungspotenziale durch, wobei die letzten Daten bereits von 2005/2006 stammen. Auf regionaler Ebene werden demgegenüber verschiedene umfassende Analysen der Brachflächen und Wiedernutzungspotenziale vorgenommen. Im Projekt „Raum+“ wurden die Innenentwicklungspotenziale in sechs Regionen Baden-Württembergs ab einer Flächengröße von 2000 m² und größer erfasst (WUMBW 2008). Nachfolgend wird nun für Rheinland-Pfalz eine landesweite Übersicht über vorhandene Siedlungsflächenpotenziale erstellt, um Städte und Gemeinden mit fundiertem Rat und praxistauglichem Werkzeug in ihrer Kommunalentwicklung zu unterstützen. Auch für den ganzen eidgenössischen Kanton Schwyz wurde eine Übersicht zu Flächenpotenzialen für eine nach innen gerichtete Siedlungsentwicklung erarbeitet (ETH 2010). Einzelne Regionen und Kommunen wie z. B. Stuttgart, haben seit etlichen Jahren Erfahrungen in der Erhebung von Bestandspotenzialen im Rahmen des „Nachhaltigen Bauflächenmanagement“. Für das Ruhrgebiet erhebt der Regionalverband Ruhr im Rahmen der Flächennutzungskartierung verschiedene Brachflächen (vgl. Dosch, Porsche 2008).

Um flächendeckende Erkenntnisse zu bekommen wird es daher erforderlich werden, ein Messkonzept für „Erfolge beim Flächenrecycling“ zu entwickeln und Brachflächen und Wiedernutzungspotenziale zu erfassen, sei es durch Umfragen und/oder Kartierungen.

[10] Förderschwerpunkt „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)“: www.refina-info.de

4 Literatur

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche – Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Bundesregierung. Forschungen, Heft 130, Bonn.

Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BFLR) (1996): Ausmaß der Bodenversiegelung und Potenziale zur Entsiegelung. Bearbeitung: Fabian Dosch, Arbeitpapiere BFLR, Heft 1/1996, Bonn.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2010): Wohnen und Bauen in Zahlen 2009/2010, 5. Aufl. Berlin.

Chefin und der Chefs der Staats- und Senatskanzleien mit dem Chef des Bundeskanzleramtes (CdS) (2009): Bericht der AG Nachhaltigkeit „Perspektiven für eine weitere Zusammenarbeit von Bund und Ländern zur nachhaltigen Entwicklung“ vom 3. April 2009, Berlin.

Deggau, M. (2009): Die amtliche Flächenstatistik – Grundlage, Methode, Zukunft. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker.

Distelkamp, M.; Krause-Junk, K.; Siedentop, S.; Ulrich, P. (2010): 30 ha Ziel realisiert – Konsequenzen des Szenarios Flächenverbrauchsreduktion auf 30 ha im Jahr 2020 für die Siedlungsentwicklung. 2. Zwischenbericht zum Ressortforschungsprojekt im Auftrag des BMVBS/BBSR, unveröff.

Dosch, F., Porsche, L. (2008): Grüne Potenziale unter blauem Himmel. Neue Zugänge zur Flächenrevitalisierung und Freiraumentwicklung im Ruhrgebiet. In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 9/2008, Bonn.

Professur für Raumentwicklung der ETH Zürich (Hrsg.) (2010): Siedlungsflächenpotenziale für eine Siedlungsentwicklung nach innen, Modellvorhaben Raum+, Zürich.

Frerichs, S.; Lieber, M.; Preuß, T. (Hrsg.) (2010): Flächen- und Standortbewertung für ein nachhaltiges Flächenmanagement. Methoden und Konzepte. Berlin. Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA, Band V.

Gunreben, M.; Dahlmann, I.; Frie, B.; Hensel, R.; Penn-Bressel, G.; Dosch, F. (2007): Die Erhebung eines bundesweiten Indikators Bodenversiegelung. In: Zeitschrift Bodenschutz. In: Bodenschutz 2/07, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin, S. 34-38.

LABO Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2010): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Bericht im Auftrag der 72. Umweltministerkonferenz unter Mitwirkung der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA) sowie Vertretern der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO), der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) und der kommunalen Spitzenverbände vom 30.03.2010, Berlin.

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG) (2009): Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen, GeoBerichte 14, Hannover.

Landesmedienzentrale Baden-Württemberg (LMZ) (Hrsg.) (2009). Landschaft im Wandel: Luftbilder aus 50 Jahren. Theiss-Verlag, Stuttgart.

Ministerkonferenz für Raumordnung des Bundes und der Länder (MKRO) (2010): Flächensparen als Aufgabe der Raumordnung. Beschluss der 37. Ministerkonferenz für Raumordnung am 19. Mai 2010 in Berlin, Anlage 4, Berlin als Stellungnahme zum Bericht der AG Nachhaltigkeit (CdS 2009).

Siedentop, S.; Fina, S. (2010): Datengrundlagen zur Siedlungsentwicklung. Projekt im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. Abschlussbericht. Stuttgart.

Statistisches Bundesamt (StBA) (2009): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. Wiesbaden.

Strubelt, W. (Hrsg.) (2010): Der gebändigte Raum. Bilder und Texte zur Raumnutzung in Deutschland. Fotos: Jürgen Hohmuth. Eine Veröffentlichung des BBSR im BBR, Bonn. Wasmuth-Verlag, Tübingen.

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (WM) und Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) (WUMBW) (2008): Nachhaltiges grenzüberschreitendes Siedlungsflächenmanagement Regions- und Nationalgrenzen überschreitendes Kooperationsprojekt. Schlussbericht des Kooperationsprojektes Raum+. Stuttgart.

Was tun mit den Daten? Kommunale Strategien zur Nutzung von Geoinformationen in der Stadtplanung

Marc Wolfram

Zusammenfassung

Mit der steten Zunahme an Potenzialen und Risiken geoinformationstechnischer Unterstützung steht die Stadtplanung vor einer großen Herausforderung: Wie und wozu sollte die Geoinformatik bei eng begrenzten Ressourcen zukünftig genutzt werden, und welche Prioritäten sollen dabei gesetzt werden? Eine Befragung unter deutschen Großstädten zeigt, dass Schwerpunkte bereits bestehen, und dass man sich in der Praxis vorwiegend eng an den operativen Bedarfen der Verwaltung orientiert. Eine offenere Nutzungskultur, die sowohl Daten, als auch Interpretationswerkzeuge in jeder Phase der Planung mit den Akteuren und Betroffenen teilt, bleibt bislang noch eine Utopie. Doch unterstreichen gerade die abweichenden Fälle die enorme Bedeutung strategischer Planung bei der Entwicklung von Nutzungen, und damit die Notwendigkeit einer vertieften Auseinandersetzung mit den zugrunde liegenden Prozessen und ihren Rahmenbedingungen.

1 Einführung

Mit der Entwicklung der Geoinformatik (GI) verknüpfen sich im Hinblick auf die komplexen Herausforderungen für die Stadtentwicklung viele positive Erwartungen (vgl. Storch 2003; Scholles 2003; Mook 2009; Berchthold, Krass 2010). In der Tat könnte eine am Konzept der Nachhaltigkeit orientierte Stadtplanung (vgl. Majer 2007; Wheeler, Beatley 2009; UN-Habitat 2009) durchaus von den spezifischen Merkmalen dieser Technologie und deren Kombination profitieren – wenn sie entsprechend ausgenutzt werden:

- *Datenbestand*: Die Datenlage in einer Kommune lässt sich durch digitale Erfassung und Verwaltung in Geoinformationssystemen besser überblicken und hinsichtlich ihrer Relevanz einschätzen (Metadaten zu Aktualität, Auflösung, etc.). Lücken können identifiziert, oder auch neue Geodaten gezielt durch automatisierte oder interaktive Methoden generiert werden (z. B. Objekterkennung, Sensornetze, Tracking, Crowd Sourcing).
- *Integration und Vernetzung*: Unterschiedlichste Datenbestände können anhand ihres Raumbezuges (Geokoordinaten) in Modellen und Simulationen so miteinander verknüpft werden, dass sich Wechselwirkungen und Abhängigkeiten handlungsfeldübergreifend analysieren lassen und für den Entscheidungsprozess nachgewiesen werden können.

- *Visualisierung*: Digitale Karten und Modelle können durch mehrdimensionale, dynamische sowie interaktive Darstellungen komplexe Datenbestände leichter interpretierbar machen, neue Einsichten vermitteln und diese zugleich auch einem breiteren Adressatenkreis erschließen.
- *Information*, *Kooperation und Beteiligung:* Daten und ihre Visualisierungen können Dritten in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden. Entsprechend kann die Einbindung aller relevanten Akteure in den Planungsprozess (Fachbereiche der Verwaltung, politische Mandatsträger, Träger öffentlicher Belange, Privatwirtschaft, Bürger, etc. sowie andere Gebietskörperschaften und andere Ebenen) erleichtert und intensiviert werden. Je nach beabsichtigter Interaktion lassen sich Schnittstellen für Kommunikation, Austausch oder gemeinsame Bearbeitung von Geodaten definieren. Dabei entscheiden System-Architektur und Zugriffsrechte darüber, wie der Nutzerkreis letztlich abgegrenzt wird (Intranet, Extranet, Internet).
- *Transparenz*: Entscheidungsgrundlagen und -prozesse in Verwaltung und Politik können sowohl intern, als auch für die breite Öffentlichkeit besser nachvollziehbar gemacht werden, indem man ihre Dokumentation, räumliche Zuordnung und Zugänglichkeit durch GI-Anwendungen unterstützt.
- *Effizienz*: Arbeitsabläufe und Verfahren können beschleunigt abgewickelt und die häufig redundante Erfassung und Pflege von Daten vermieden werden. Aufwändige analoge Methoden können entfallen.

Allerdings sind mit den genannten Potenzialen einer Nutzung von Geoinformatik zugleich auch neue Risiken verknüpft, die es zu beachten gilt. Grundsätzlich ermöglichen informationstechnische Systeme nicht nur eine größere Verbreitung von Daten, sondern auch deren gezieltere Selektion und Kontrolle. GI stellt hier keine Ausnahme dar. Dies kann sowohl die planerischen Grundlagen beeinflussen, als auch die Positionen der Akteure, für die Datenzugriff und -interpretation wesentliche Ressourcen darstellen. Zudem werfen GI-Anwendungen auch grundsätzliche Fragen der Repräsentation, Kognition und Transparenz auf, die durchaus interessengeleitet beantwortet werden können – bis hin zur Nutzung für zweifelhafte Motive der Suggestion oder Manipulation.

Wie in jedem Prozess sozio-technischer Innovation und Adaption besteht also auch hier ein erheblicher Gestaltungsspielraum der Akteure (Lenk 2004, 101; Smith et al. 2005). Mit Blick auf die skizzierten Potenziale und Risiken der GI-Nutzung drängt sich daher die Frage auf, welche Präferenzen in den Kommunen zum tragen kommen und worauf diese ihrerseits beruhen? Dazu soll zunächst ein Blick auf den aktuellen Forschungsstand geworfen werden.

2 Geoinformatik in der Stadtplanung

Kommunale Nutzungen von Geoinformatik sind bereits seit Mitte der 1990er Jahre ein Forschungsgegenstand in unterschiedlichen Disziplinen geworden. Damit ist allerdings auch ein breites Spektrum an empirischen Erkenntnisinteressen verbunden gewesen. Der Zusammenhang zwischen institutionellem Kontext, Akteuren und GI-Nutzungen wurde dabei bislang nur in wenigen Fällen untersucht. Richtungweisend war hier der Sammelband von Masser u. a. (1996), der für eine Reihe von europäischen Ländern den Entwicklungsstand nachzeichnet und darauf aufbauend den bestehenden Gestaltungsspielraum in Form von alternativen Szenarien der GI-Nutzung veranschaulicht. Die Arbeiten von Campbell und Masser (1995) und Gilfoyle und Thorpe (2004) für Großbritannien sowie Pornon (1998) für Frankreich, vertiefen insbesondere die Frage des Einflusses von Organisationen auf die Entwicklung von GI-Nutzungen und unterstreichen anhand von Fallstudien die Schlüsselfaktoren Akteure (Motive, Präferenzen. Strategien) und Institutionen (in-/formelle soziale Regelstrukturen, Praktiken, Routinen).

Zur Lage in den deutschen Kommunen bestehen derzeit erhebliche Wissenslücken. Vorliegende empirische Untersuchungen sind entweder vollkommen überholt (Junius, Wegener 1995), oder konzentieren sich fast ausschließlich auf die realisierten Anwendungen, d. h. auf die Frage des technischen Entwicklungsstandes, ohne jedoch dessen Bedingungen zu beleuchten (Seuss 2000; Jeschkeit 2002; Jeschkeit 2003; GiN 2005). Hilfreich ist hier zumindest der Nachweis von prioritären Anwendungsfeldern. Ferner liegt eine Vielzahl an Erhebungen mit spezifischem Forschungsinteresse vor, die für die hier betrachtete Problematik jeweils relevante Rahmenbedingungen reflektieren, z. B. die Rolle von GI als Teil von E-Government (Grabow, Siegfried 2006), den Stand der GI-Nutzung in der Regionalplanung (Iwer 2007), spezifische GI-Bedarfe und Anwendungsfelder im Bereich Ressourcensicherung und Umweltschutz (DDGI 2007) sowie die Marktentwicklung bei GIS-Produkten (Harzer 2009). Daneben kann hinsichtlich Angebot und Nutzung von Geodaten in sehr unterschiedlichen Branchen und Anwendungsbereichen ebenfalls noch auf aktuelle Befragungsergebnisse zurückgegriffen werden (Haghwerdi 2007; GDI Initiative Sachsen 2009).

Außerdem liegt mittlerweile eine ganze Reihe von Praxisleitfäden zur Implementation von kommunalen Geoinformationsystemen vor. Diese modellhaften Ansätze ermöglichen zwar nur sehr bedingt Rückschlüsse auf die Situation in der kommunalen Praxis, erlauben jedoch eine Einschätzung der normativen Vorstellungen ihrer Verfasser hinsichtlich der kommunalen GI-Entwicklung. Je nach Herkunft und Schwerpunkt liegt hier der Akzent vor allem auf der Verwaltungsmodernisierung, effizientem Datenmanagement, oder der Vermarktung von Geodaten (Bayerisches Staatsministerium der Finanzen 2003; Städtetag NRW 2003; Städtetag NRW 2005; KGSt 2006).

3 Fragestellung und Untersuchungsansatz

Vor diesem Hintergrund untersucht das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) im Rahmen eines eigenen Forschungsvorhabens die aktuelle Entwicklung von GI-Nutzungen in der Stadtplanung in Deutschland. In einem ersten empirischen Schritt erfolgte hierzu 2009 eine Online-Befragung unter Städten mit über 50 000 Einwohnern. Ergebnisse dieser quantitativen Erfassung bilden die Grundlage für derzeit laufende qualitative Fallstudien zur Vertiefung institutioneller und subjektbezogener Erkenntnisse.

Im Mittelpunkt der genannten Erhebung stand zunächst die Frage, welche Entwicklungspfade sich hinsichtlich der GI-Nutzung erkennen lassen, welcher institutionelle Rahmen hierfür besteht und welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten die Kommunen untereinander aufweisen? Wesentlich war dabei, dass die erfragten Aspekte über die sichtbare Oberfläche der GI-Anwendungen hinaus (z. B. „Flächennutzungsplanung") insbesondere die vielschichtigen Einflussfaktoren für eine bestimmte Entwicklung von GI-Nutzungen beleuchten sollten. Daher wurden neben Fragen zur verwendeten Technologie auch solche gestellt, die die Rolle von Strukturen und Akteuren sowie deren Präferenzen mit erfassen. Das Befragungskonzept konzentrierte sich dabei auf vier Teilaspekte, wobei die ersten beiden intersubjektive (d. h. überprüfbare, faktische) Merkmale abbilden und die letzten beiden jeweils Einflussfaktoren aus subjektiver Perspektive (d. h. persönliche Sicht der Antwortenden):

1) *Status der GI-Nutzung:* u. a. Datenerfassung, Software, Funktionalitäten sowie deren Rolle für Planungsverfahren und -aufgaben;
2) *Planung und Organisation von GI*: u. a. Verantwortlichkeiten, Initiative, Akteursbeteiligung, Konzeptentwicklung, Umsetzung;
3) *Bewertung von Rahmenbedingungen*: Innerhalb der Verwaltung (Ressourcen, Zuständigkeiten u. a.) und außerhalb (Rechtsetzungen, Initiativen, u. a.);
4) *Bewertung von Zielsetzungen*: Stellenwert zukünftiger GI-Nutzungen und ihrer Zielgruppen.

Insgesamt haben sich an der Befragung 90 Städte beteiligt, die sich repräsentativ auf vier Größenklassen verteilen. Innerhalb der Stadtverwaltungen waren dabei gleichzeitig 10 verschiedene Organisationseinheiten angesprochen. Der höchste Rücklauf erfolgte aus den Bereichen Geoinformationsmanagement und Vermessung-/Katasterwesen, gefolgt vom Fachbereich Stadtplanung. Die Fragebögen aus den Fachplanungsbereichen für Umwelt, Landschaft, Verkehr, Wirtschaft, Gesundheit und Soziales sowie aus dem Haupt-/Organisationsamt wurden statistisch nur zusammengefasst ausgewertet (Abb. 1).

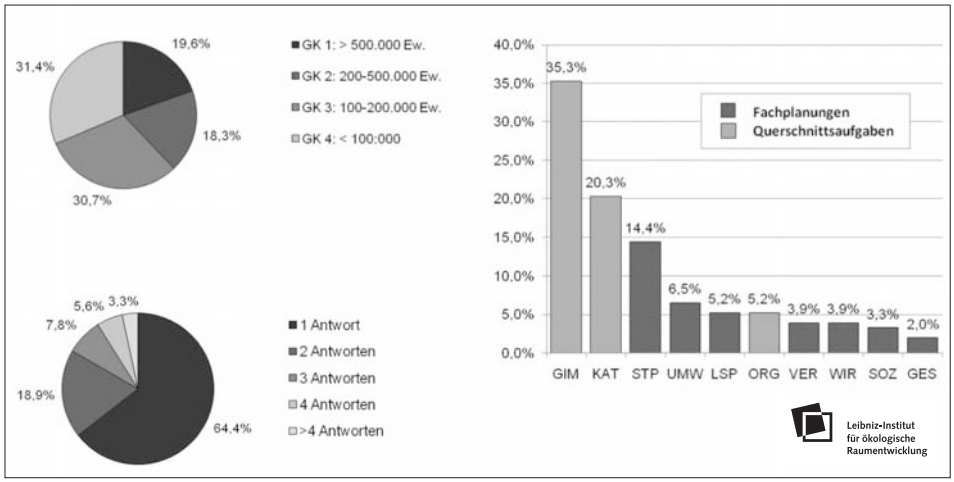


Abb. 1: Rücklauf nach Größenklassen (n=90), Anzahl der Antworten je Stadt (n=90), und nach antwortenden Organisationseinheiten (n=153) (Quelle: Eigene Darstellung)

4 Ausgewählte Ergebnisse der Befragung

Noch Mitte der 1990er Jahre resümierten Junius und Wegener (1995) in einer Untersuchung zur Verbreitung von GIS in den Kommunalverwaltungen Deutschlands, dass lediglich 45 % der Städte über vollwertige, integrierte Geoinformationssysteme verfügten (gemessen an den Standards der MERKIS-Empfehlung des Deutschen Städtetages von 1988). Nur ein Fünftel der abgefragten möglichen Anwendungen fanden sich implementiert bzw. in der Phase der Umsetzung. Auffällig war dabei, dass nicht die größten, sondern vielmehr die mittelgroßen Städte die Entwicklung kommunaler GIS besonders aktiv vorangetrieben hatten.

Vergleicht man die aktuellen Befragungsergebnisse mit diesem Befund, so kann man zunächst insgesamt konstatieren, dass die Diffusion dieser Technologie ganz erheblich fortgeschritten ist. Kommunale GIS kommen mittlerweile nahezu flächendeckend zum Einsatz, wobei sich auch bestimmte Standards von Anwendungen und Nutzungen etabliert haben. Weiter ausdifferenziert hat sich dabei das Bild hinsichtlich der Größenklassen, insofern unter den „Pionieren" der GI-Nutzung viele mittlere, aber auch kleinere Städte vertreten sind, während umgekehrt manche Großstadt grundlegenden Nachholbedarf erkennen lässt.

Mit Blick auf die hier verfolgte Fragestellung nach den Einflussfaktoren und Orientierungen der sich abzeichnenden Entwicklung von GI-Nutzungen sollen im Folgenden drei Aspekte herausgearbeitet werden: Erstens verdeutlichen die Angaben der Städte, wie sich die Nachfrage der Akteure nach GI-Anwendungen verändert hat – und auch weiterhin verändern wird – forciert durch die komplexen Herausforderungen für die Stadtent-

wicklung und das zunehmende Bewusstsein für neue informationstechnische Hilfsmittel. Zweitens lässt sich erkennen, dass die entstehenden GI-Nutzungen dabei vornehmlich einer gesteigerten Leistungsfähigkeit der Verwaltung im Rahmen bestehender Praktiken dienen (sollen). Und drittens unterstreichen die Zusammenhänge zwischen strategischer Planung und faktischer Nutzung die zentrale Bedeutung der institutionellen Einbettung kommunaler GI-Entwicklung.

4.1 Wandel der GI-Nachfrage

Die enorm gestiegenen Anforderungen an ein integriertes Handeln in Planung und Politik sowie das vorhandene Wissen der Akteure um Optionen GI-basierter Entscheidungsunterstützung spiegeln sich insbesondere in den Aussagen zum Bedarf an Geofachdaten, deren erforderlichem Raumbezug sowie in den Einschätzungen speziell der Stadtplaner zur Rolle von GI in ihrem Aufgabenbereich wider. Die Städte sind ganz offensichtlich um ein politikfeld-, ebenen- und auch grenzübergreifendes Arbeiten bemüht, welches durch entsprechende Datengrundlagen und Interpretationshilfen untersetzt werden soll.

Hinsichtlich der für die eigenen Aufgaben benötigten **Geofachdaten** werden an erster Stelle der Bereich Baubestand genannt (68 % „trifft vollständig zu“), gefolgt von Landschaft und Freiraum (65 %), Naturschutz (52 %) und Umweltqualität (42 %). Diese Schwerpunkte sind vor allem dem Rücklauf geschuldet, insofern die Fachplanungen zur Stadtentwicklung, Umweltschutz und Landschaft am stärksten vertreten sind. Bei den übrigen abgefragten Fachdaten überrascht deshalb jedoch der hohe Anteil derer, die hierzu „bedingt zutreffend“ angeben: Diese Daten stehen damit zwar nicht im Mittelpunkt der jeweiligen fachplanerischen Aufgaben, stellen aber offenbar eine wichtige Ergänzung dar. Hierzu zählen die Bereiche Wohnen (43 %), Wirtschaft (36 %), Bevölkerung (34 %), Verkehr (34 %) und Energieverbrauch (25 %). Landschaft und Freiraum ist in dieser Bewertung entsprechend nur noch mit 10 % vertreten. Hier zeigt sich, dass in den Fachplanungsbereichen ein sehr breites Spektrum an Querschnittsdaten nachgefragt wird – und damit eine GI-Architektur, die diesen Zugriff auch ermöglicht. Die geringste Nachfrage besteht derzeit noch für Material- und Stoffstromdaten (5 % „trifft vollständig zu“), was auf ein noch wenig etabliertes Handlungsfeld verweist.

Betrachtet man die Angaben zum erforderlichen **Raumbezug** dieser Geofachdaten, so wird die „Gemeinde“ mit großem Abstand am häufigsten genannt, wobei zugleich eine große Sicherheit in der Aussage besteht (70 % „vollständig zutreffend“, nur 5 % „bedingt zutreffend“). Auch die „Gemarkung“ wird als wichtige Referenz gesehen (46 % „vollständig zutreffend“). Die Raumeinheiten „Baublock“ und „statistischer Bezirk“ sind von vergleichbarem Gewicht (35 % „vollständig zutreffend“), wobei hier gleichzeitig die Zahl der dadurch ergänzend zu unterstützten Aufgaben deutlich zunimmt (25 % bzw. 35 % „bedingt zutreffend“). Für die Raumeinheiten „Kreis“ und „Region“ dreht sich das Bild schließlich um: Hier überwiegt die „bedingte“ Eignung (30 % bzw.

40 %) deutlich gegenüber der „vollständigen“ (22 % bzw. 16 %). Interessanterweise sind es allerdings gerade die kleinen Städte, die hier einen Mehrwert sehen. In der GK1 gibt es hingegen keine einzige Angabe „vollständig“, obgleich gerade die großen Agglomerationen dieser Perspektive auf Grund der Suburbanisierungsproblematik dringend bedürften.

Der geringste Nutzen wird derzeit offenbar in der Auflösung in einem „quadratischen Raster“ gesehen. Nur 5 % stimmen dem „vollständig“ zu, aber 30 % haben dafür offenbar gar keine Verwendung. Aus kommunaler Sicht mag diese Einschätzung folgerichtig sein, insofern der Mehrwert einer rasterbasierten Datengrundlage vor allem in der Unabhängigkeit von Gebietsgrenzen und großräumigen Vergleichbarkeit liegt und damit eher von Interesse für übergeordnete Ebenen ist. Gemeinde bzw. Gemarkung dominieren also die Nachfrage, was faktisch dem Raumbezug der allermeisten Verwaltungsaufgaben entspricht. Ergänzender Nutzen wird jedoch insbesondere für Baublock und statistische Bezirke als Bezugsrahmen gesehen sowie für Kreis und Region in einem noch breiteren Aufgabenspektrum. Dies unterstreicht die Notwendigkeit von neuen maßstabsübergreifenden Betrachtungsweisen, bei denen sowohl mikroskalige (Block, Bezirk), als auch stadtregionale Aspekte (Kreis, Region) einfließen müssen.

Mit Blick auf die Einschätzungen zur bisherigen Bedeutung von GI-Nutzungen für die **Aufgaben** der Stadtplanung zeigt sich, dass GI vor allem in der „Flächennutzungsplanung“ (FNP) bereits heute ein sehr hohes Gewicht besitzt – 60 % der Stadtplaner sehen dies als „sehr wichtig“ an. An zweiter Stelle wird die noch neue und freiwillige Aufgabe „thematischer Stadtplan“ genannt, gefolgt von „Ver-/Entsorgungsplanung“, „Stadtentwicklungsplänen“ (STEP), „integrierten Stadtentwicklungskonzepten“ (INSEK) und „verbindlicher Bebauungsplanung“ als „sehr wichtige“ Einsatzfelder. Im mittleren Bereich der eher „wichtigen“ Aufgaben liegen dann die „Stadterneuerung“, „städtebauliche Rahmenpläne“, „Brachflächenkataster“, „Zentren- und Einzelhandelskonzepte“, „informelle Planungskonzepte“ sowie die „Denkmalpflege“. Weniger wichtig erscheinen demgegenüber bislang Aufgaben wie „Baulandkataster“, „Stadtmonitoring“, „Baugenehmigung“, „städtebauliche Wettbewerbe“ und „Stadtgestaltung“ zu sein. Schlusslicht in dieser Betrachtung sind die „3D-Stadtmodelle“, die noch keine große Verbreitung gefunden haben.

Vergleicht man die Einschätzungen zur zukünftigen Situation, so wird zunächst insgesamt die Ansicht geteilt, dass GI für alle genannten Aufgaben und Verfahren an Bedeutung gewinnen wird. Besonders dynamische Zuwächse zeichnen sich jedoch klar für die Bereiche Zentren- und Einzelhandelskonzepte, Stadtmonitoring und 3D-Modelle ab, die insofern alle zu den „sehr wichtigen“ Aufgaben aufschließen. Auch Brachflächen- und Baulandkataster sowie informelle Planungskonzepte verzeichnen noch deutliche Bedeutungszuwächse. Damit stehen zukünftig vor allem freiwillige Aufgaben mit einem sehr hohen Bedarf an neuartigen informationellen Grundlagen stärker im Mittelpunkt der

GI-Nutzung. Die bereits heute als „sehr wichtig“ eingestuften strategischen Aufgaben (FNP, STEP, INSEK) behalten ihre hohe Bedeutung ebenso bei, wie die Ver-/Entsorgungsplanung. Bemerkenswert erscheint die recht hohe Wertung thematischer Stadtpläne im Vergleich zu den anderen Aufgaben, die jedoch vermutlich insbesondere einer durch aktuelle Entwicklungsaufgaben beeinflussten Wahrnehmung entspringt (Abb. 2).

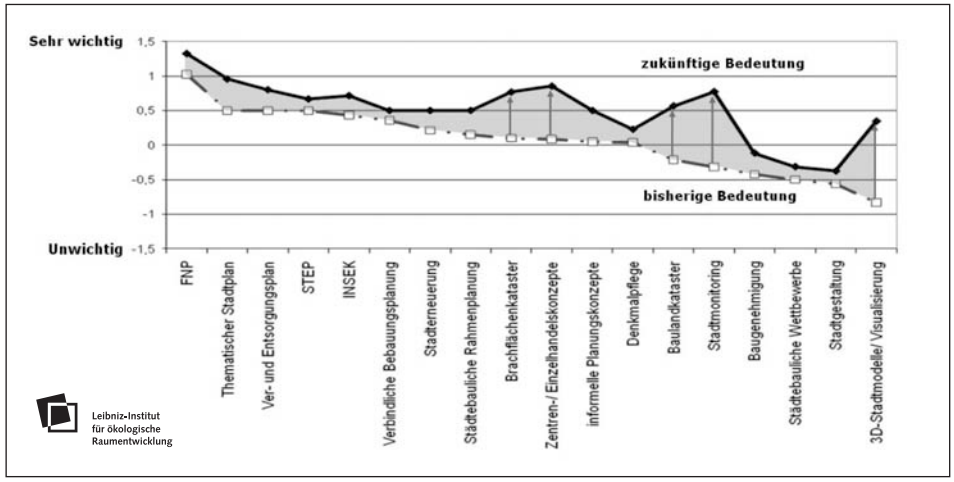


Abb. 2: Bedeutung der GI-Nutzung für Aufgaben der Stadtplanung – bisher und zukünftig (n=22) (Quelle: Eigene Darstellung)

4.2 GI für eine „starke“ Verwaltung

Vieles deutet darauf hin, dass die Entwicklung kommunaler GI-Nutzungen sich überwiegend eng an den spezifischen Interessen und operativen Bedarfen der Verwaltung orientiert und damit insbesondere deren Handlungs- und Leistungsfähigkeit unterstützt. Weiterführende Nutzungsoptionen, die beipielsweise einen offeneren Zugang zu den kommunalen Geodaten und geeigneten Interpretationshilfen ermöglichen, neue strategische Handlungsfelder erschließen, oder die Interaktion mit Politik und Zivilgesellschaft unterstützen, bleiben demgegenüber eine Ausnahme. Diese Tendenz kann sowohl an den übergeordneten Zielsetzungen und den Zielgruppen abgelesen werden, welche die Akteure für die zukünftige Nutzung von GI angeben, als auch an den Einschätzungen zur Nutzungstiefe, d. h. dem Stellenwert von GI für spezifische planerische Tätigkeiten sowie an der Funktionalität der bisher implementierten GI-Anwendungen.

Hinsichtlich der **Zielsetzungen** wurde zu den fünf übergeordneten Zieldimensionen „Effizienz“, „Kompetenz“, „Dienstleistungsqualität“, „Wettbewerbsfähigkeit“ und „verantwortungsbewusste Regierungsführung“ eine Bewertung zu jeweils fünf Teilzielen abgefragt. Das gewählte Spektrum bildete dabei die in der Praxis relevanten Ziele offenbar sehr gut ab, insofern fast keine Angaben zu „anderen Zielsetzungen“ gemacht wurden.

Bei den Einschätzungen ergibt sich ein eindeutiges Bild: Am höchsten werden insgesamt Ziele für ein effizientes Verwaltungshandeln bewertet, also „bessere Informationsgrundlagen“ (58 % „sehr wichtig“), „Beschleunigung“ (58 %) und „Wirksamkeit“ (56 %). Auch der mögliche Gewinn an problemadäquater Kompetenz hat noch einen hohen Stellenwert, wenngleich mit großem Abstand zur Effizienz. „Fachübergreifende Verfahren“ (46 % „sehr wichtig“), „Komplexitätsbewältigung“ (36 %) und „neue Einsichten in Problemzusammenhänge“ (32 %) werden hier hervorgehoben. Von vergleichbarem Gewicht scheint der Einsatz von GI für eine „bessere Dienstleistungsqualität“ für Bürger (43 %), Unternehmen (40 %) und Politik (31 %) zu sein. Deutlich geringere Bedeutung haben demgegenüber jedoch Zielsetzungen einer verantwortungsbewussten Regierungsführung (*good governance*). Am höchsten werden dabei noch die „Transparenz im Verwaltungshandeln“ (28 % „sehr wichtig“) und die „bessere Zusammenarbeit von Verwaltung und Politik“ bewertet (22 %). Eine „bessere Kommunikation zwischen Politik und Zivilgesellschaft“, „Partizipation der Bürger“ oder „interkommunale Kooperation“, aber auch politische Prozesse („politische Willensbildung“, „Wirksamkeit politischer Arbeit“) werden nur selten als wichtig erachtet. Den niedrigsten Stellenwert haben Zielsetzungen im Zusammenhang mit der Stärkung „kommunaler Wettbewerbsfähigkeit“. Wenn überhaupt geht es dabei um „Standortmarketing“ und „Imageverbesserung“ – konkrete Wirtschaftsförderung spielt hier nahezu keine Rolle („Förderung der GI-Branchen am Standort“, „Unterstützung von Unternehmensnetzwerken“).

Dies korrespondiert weitgehend mit den Angaben zu den **Zielgruppen**, insofern hier die Fachbereiche der eigenen Verwaltung in der Bewertung (63 % „sehr wichtig“) weit vor den darauf folgenden Zielgruppen „Bürger“, „professionelle Nutzer“ sowie „Ver- und Entsorgungsunternehmen“ rangieren (jeweils 23 %). Von Belang sind darüber hinaus noch „politische Mandatsträger“ und „Träger öffentlicher Belange“ (beide 15 %). Weitere Zielgruppen werden zwar nur in sehr wenigen Fällen genannt, allerdings ebenfalls mit der Wertung „sehr wichtig“: „Unternehmen“, „andere Kommunen/Kreise“ und „andere Ebenen“ (nur in kleineren Städten) sowie „Zivilgesellschaft“ (nur in der GK1 und GK2). Bemerkenswert ist dabei, dass dieselben Zielgruppen von einem Teil der Städte als „unwichtig“ eingestuft werden.

Bei der Bewertung sind zwischen den Größenklassen kaum nennenswerte Unterschiede festzustellen. Im Hinblick auf die vom Durchschnitt erheblich abweichenden Einschätzungen erscheint vielmehr der Einfluss anderer Faktoren interessant. So resultiert beispielsweise eine starke politische Führung und Organisation (Einschätzung „sehr förderlich“ für „Orientierung durch Politik und Verwaltungsspitze“ und für „GI-Zuständigkeiten in der Verwaltung“) in einer höheren Wertung für alle Ziele, insbesondere jedoch für wirtschaftsbezogene (Wettbewerbsfähigkeit, Wirtschaftsförderung, Dienstleistungsqualität für Unternehmen) – in dieser Hinsicht „schwache“ Städte werten eher unterdurchschnittlich. Insofern ist die planerische Herangehensweise an die Entwicklung von GI-Nutzungen offenbar von erheblicher Bedeutung (vgl. 4.3 unten).

Insgesamt orientiert sich die Entwicklung von GI-Nutzungen daher überwiegend an den verwaltungsbezogenen Zielen der Effizienz, Kompetenz und Dienstleistungsqualität – ganz im Sinne des Neuen Steuerungsmodells. Wirtschaftliche Ziele sind dabei eher übergreifender (Wettbewerbsfähigkeit und Image) als konkreter Natur und werden überwiegend im Bereich Geoinformation hervorgehoben, nicht aber in den Fachplanungsbereichen. Nutzungspotenziale an der Schnittstelle zu Politik und Zivilgesellschaft hingegen werden bislang kaum gesehen.

Mit Blick auf die Art der **Tätigkeiten**, welche durch GI unterstützt werden sollen, wurden von den Fachplanungsbereichen Einschätzungen zu insgesamt 14 typischen planerischen Aktivitäten erfragt. Dabei wird GI gegenwärtig vor allem in Bezug auf das klassische Anwendungsfeld „raumbezogene Analyse" geschätzt (33 % „sehr wichtig") sowie für Tätigkeiten wie „Maßnahmenfindung und -gestaltung" (18 %), „Berichterstattung" und „interne Koordination" (jeweils 14 %). Weniger wichtig sind demgegenüber bereits die „Information der Öffentlichkeit", „externe Koordination", „Strategieentwicklung", „Monitoring", „Management", „Szenarien und Simulation" und „Evaluation" – Aufgaben also, die eine stärkere Interaktionskomponente aufweisen und die die Legitimation und Transparenz bei der Entwicklung und Umsetzung von Politiken verbessern sollen. Am häufigsten als „unwichtig" eingestuft (25 %) werden dementsprechend „Bürgerbeteiligung", „politische Entscheidungsfindung" und die „Formulierung von Politikzielen und Leitbildern". Pauschal wird dabei die Auffassung geteilt, dass GI zukünftig für alle Aufgaben und Tätigkeiten an Bedeutung gewinnen wird. Signifikante Verschiebungen werden dabei allerdings nicht erwartet. Lediglich „Maßnahmenfindung und -gestaltung" sowie „Management" fallen etwas zurück, während die „Bürgerbeteiligung" einige Plätze vorrückt.

Zwischen den Größenklassen lassen sich auch hierbei kaum Unterschiede feststellen. Bemerkenswert erscheint lediglich, dass die Aufgaben „politische Entscheidungsfindung", „Bürgerbeteiligung", „Formulierung von Politikzielen und Leitbildern" und „Evaluation" – wenn überhaupt – nicht in der GK1, sondern in den mittleren Städten (v. a. GK2) als „sehr wichtig" eingestuft werden. Dies könnte als ein Hinweis auf eine größere Offenheit der politischen Prozesse für solche Anwendungen in diesen Städten gedeutet werden, gegenüber einer stärker ausgeprägten Pfadabhängigkeit in den großen Städten.

Betrachtet man Städte mit unterschiedlicher Führungssstärke von Politik und Verwaltung (s. o.) so zeigen sich auch hier deutliche Abweichungen: Zunächst wird die GI-Nutzung in Städten mit schwacher Führung fast durchweg geringer bewertet. Besonders ausgeprägt ist die Differenz dabei für Tätigkeiten wie „Entscheidungsfindung", „Management" und „Monitoring", aber auch für „Maßnahmenfindung/-gestaltung" und „Verwaltungskoordination". Städte mit starker Führung legen demgegenüber sogar überdurchschnittlich hohes Gewicht auf GI-Nutzungen für „Management" und

„Entscheidungsfindung". Starke Führung zielt demnach vor allem auf eine Unterstützung der Politikimplementations- und Managementkapazität. Information, Beteiligung, Exploration (Szenarien), aber auch Politikevaluation (*nota bene*) spielen demgegenüber eine geringere Rolle.

Wichtig erscheint hier auch der Zusammenhang mit der Ressourcenverfügbarkeit (Personal, Wissen, Finanzen, Technologie). Städte mit eher knappen Ressourcen werten vor allem die Tätigkeiten „Information der Öffentlichkeit", „Szenarien/Simulation", „Politikevaluation" sowie „Verwaltungskoordination" und „Strategieentwicklung" als weniger wichtig – und bleiben dabei auch für die Zukunft skeptischer als der Durchschnitt. Hier zeichnet sich eine problematische Schwerpunktsetzung bei Ressourcenmangel ab: Wichtige GI-Unterstützungsfunktionen für eine an Nachhaltigkeit orientierte Planung werden offenbar nur nachrangig entwickelt.

Eine getrennte Analyse der Angaben von Stadtplanern zeigt ferner, dass auch die Einschätzungen zwischen Fachbereichen z. T. erheblich differieren können. Während die Aufgaben „Information der Öffentlichkeit" und „Monitoring" hier stärker im Vordergrund stehen, fällt die Bedeutung der „Strategieentwicklung" und der übrigen politisch-orientierten Aufgaben weiter ab, als im Gesamtbild (polarisiertere Wertung). Interessanterweise wird jedoch auch die Rolle von GI für „Maßnahmenfindung und -gestaltung" jetzt und zukünftig als eher unwichtig eingestuft – was darauf hindeutet, dass hierfür lieber auf „bewährte" Methoden zurückgegriffen wird.

Damit wird deutlich, dass GI bislang schwerpunktmäßig operative Tätigkeiten der Verwaltung unterstützt und nur in eher seltenen Fällen auch politisch-strategische Aufgaben. Auch wenn solchen Nutzungen zukünftig ebenfalls eine größere Bedeutung zugesprochen wird, so ändert sich dabei die Rangfolge nur unwesentlich. Vorreiter könnten hierbei zukünftig vor allem die mittelgroßen Städte sein (GK2).

Untersucht man die bestehende **Funktionalität** von GI-Systemen so sind die Schwerpunkte („vollständig zutreffend") der internen Nutzung (Intranet) über alle befragten Organisationseinheiten hinweg „Auskunftssysteme" (81 %), das „kartenbasierte Auffinden von Datensätzen" (49 %) und „Bestandsanalysen" (48 %). Weit weniger Verbreitung finden bisher Nutzungen zur „laufenden Raumbeobachtung", „Simulation" und „3D-Modelle" (jeweils 10 %-13 %). Bei der öffentlichen Nutzung (Internet) zeichnen sich zwar grundsätzlich die gleichen Schwerpunkte ab, jedoch kommt es viel seltener zur Umsetzung. Auskunftssysteme werden hier nur noch von 25 % der Städte angegeben, Index- (13 %) und Analysefunktionen (10 %) folgen mit großem Abstand. 3D-Modelle sind im Internet nur noch in 6 % der Fälle vertreten und Monitoring und Simulation lediglich vereinzelte Ausnahmen (Abb. 3).

Betrachtet man dabei den Anteil der Fachplanungen getrennt vom Bereich Geoinformation so wird deutlich, dass letzterer bei allen Funktionen einen erheblichen Entwicklungs-

vorsprung aufweist (z. B. Auskunftssysteme im Intranet: 92 % zu 64 %). 3D-Modelle und Simulation finden sich fast ausschließlich hier. Lediglich das Monitoring ist auch in den Fachplanungen stärker vertreten, offenbar auf Grund entsprechender regulativer Verpflichtungen.

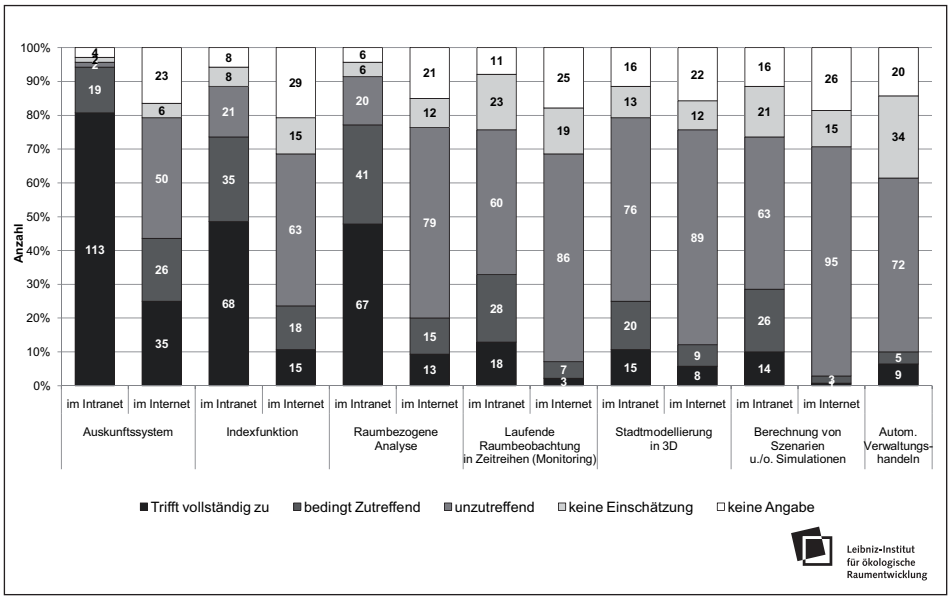


Abb. 3: Verbreitung von GI-Funktionalitäten im Intranet und Internet (n=140) (Quelle: Eigene Darstellung)

Mit Blick auf die Größenklassen zeigen sich hier allerdings bereits im Intranet leichte Unterschiede: Vor allem die fortgeschrittenen Funktionen „Monitoring", „3D-Modelle" und „Simulation" kommen fast nur in den größten Städten zum Einsatz. Das reine „Auskunftssystem" wird in der GK1 sogar weniger oft angegeben (64 %), als in den übrigen Größenklassen (82-88 %). Noch deutlicher wird dieser Unterschied dann bei den Internet-Nutzungen: Alle Funktionen kommen hier mit abnehmender Gemeindegröße weniger zur Anwendung. Dies zeigt sich bereits bei der Standardfunktion „Auskunftsystem" (GK1: 43 %; GK4: 14 %).

Damit wird unterstrichen, dass ein offener Umgang mit Geoinformatik-Anwendungen insgesamt nicht weit entwickelt ist, d. h. die Verfügbarkeit von Funktionalitäten über das Internet ist gegenüber dem Intranet sehr stark eingeschränkt. Dies gilt umso mehr, wenn diese erweiterte oder neue Interpretationsmöglichkeiten für Geodaten anbieten (Monitoring, Simulation, 3D-Modelle) und damit natürlich auch die Auseinandersetzung mit Akteuren und Betroffenen erheblich verändern könnten. Dennoch gibt es bereits einzelne Beispiele für solche Nutzungen in Städten aller Größenklassen.

4.3 Schlüsselfaktor GI-Konzept

Die Entwicklung von GI-Nutzungen wird durch eine Vielzahl einzelner Faktoren beeinflusst: Stadtgröße, Bestandssysteme (Hardware, Software, Daten), Entwicklung von E-Government, Ressourcenverfügbarkeit, Organisationsstruktur, Nachfrage der Nutzer sowie Orientierung durch Politik und Verwaltung wurden deshalb in der Befragung mit erfasst. Insbesondere die Herangehensweise an diese Aufgabe stellt jedoch einen Schlüsselfaktor dar, insofern sie mit der Ausprägung der bereits genannten Faktoren eng verknüpft ist. Maßgeblicher Indikator für den gewählten Entwicklungs-Ansatz wiederum ist die Erarbeitung und Implementation eines formalen GI-Konzeptes. Solche Konzepte tragen entscheidend dazu bei, Zielorientierung, Beteiligung von Akteuren und Verbindlichkeit im Entwicklungsprozess zu verankern.

Als wichtigste **Triebkraft** für die GI-Entwicklung wird von den Befragten die Rolle der Nutzer unterstrichen, d. h. deren „Nachfrage nach GI-Anwendungen" und „GI-Qualifikation", und zwar sowohl im Bereich Geoinformation als auch in den Fachplanungsbereichen (84 % bzw. 76 % „förderlich" oder „sehr förderlich"). An dritter Stelle wird bereits die „E-Government Entwicklung" und die bestehende „Hard- und Softwareausstattung" hervorgehoben (jeweils ca. 50 %). Letzteres wird von 15 % jedoch auch ganz im Gegenteil als „sehr hinderlich" eingeschätzt. Entscheidend ist hier offenbar, ob Verwaltungen sich in der Vergangenheit für flexible und kompatible Lösungen entschieden haben, oder eher für eine Reihe von „Insellösungen", die einer offeneren GI-Nutzung nun im Wege stehen. Von etwas geringerer Bedeutung erscheinen demgegenüber die Faktoren „Ressourcenverfügbarkeit", „bestehende Datenmodelle" und „Zuständigkeiten in der Verwaltung" (jeweils ca. 40 %). Wie bei den Bestandssystemen zeigt sich hier ebenfalls eine deutliche Polarität, da jeweils 15 %-20 % der Städte gerade diese Rahmenbedingungen als „sehr hinderlich" einstufen. Organisation, Mittelausstattung und Bestandssysteme finden sich daher als kritische Faktoren bei der Entwicklung von GI-Nutzungen bestätigt. „Vorgaben durch Verwaltungsspitze" oder „Politik" werden noch von 38 % bzw. 30 % der Städte als Triebkräfte hervorgehoben. Der Anteil an kritischen Einschätzungen dazu sinkt zwar auf 5 % bzw. 3 %, doch die häufigste Wertung ist „neutral" (45 % bzw. 40 %), d. h. eine signifikante Rolle wird gar nicht wahrgenommen. Damit ist mit Blick auf den Anteil an Bewertungen als „sehr förderlich" (7 % bzw. 8 %) das bestehende Potenzial dieser Faktoren zur Veränderung offenbar am größten.

Vor diesem Hintergrund geben insgesamt 45 % der befragten Städte an, über ein formales **GI-Entwicklungskonzept** auf kommunaler Ebene zu verfügen, weitere 10 % arbeiten bereits daran. Erwartungsgemäß gering ist der Anteil an Städten mit solchen Konzepten auf der Ebene der Agglomeration (3 bestehende, 2 in Arbeit), wobei diese Beispiele nicht nur in der GK1, sondern auch in der GK2 und GK3 anzutreffen sind. Erstaunlich ist hier jedoch der recht hohe Anteil ohne jede Einschätzung dazu (35 %) – eine Unsicherheit die zeigt, dass zu dieser räumlichen Perspektive häufig gar kein Wissen vorliegt. Auf der

Ebene der Organisationseinheit Geoinformation überrascht hingegen, dass der Anteil mit GI-Konzept lediglich 39 % beträgt (weitere 15 % befinden sich in Arbeit). Größere Städte entwickeln dabei häufiger solche Konzepte als kleine. GI-Konzepte für die Organisationseinheit gehen in den meisten Fällen mit kommunalen Konzepten einher, wobei letztere in manchen Städten auch direkt in Angriff genommen werden (18 %). Die getrennte Betrachtung von Städten mit einer Organisationseinheit „Geoinformations-Management" belegt, dass mit der Schaffung derselben auch eine stärkere Orientierung an Aufgaben für die Kommune insgesamt einher geht: Mehr als doppelt so viele Städte dieses Typus verfügen über ein kommunales GI-Konzept, aber umgekehrt viermal weniger über ein Konzept für die eigene Organisationseinheit gegenüber solchen Städten, in denen ein Bereich „Vermessung/Kataster" die Federführung inne hat. Eher gering fällt dabei der Anteil von GI-Konzepten aus, die integriert mit E-Government-Plänen entwickelt wurden (8 %) oder werden (12 %), und zwar in allen Größenklassen gleichermaßen. Auch hier weist ein hoher Anteil von fehlenden Einschätzungen (24 %) auf entsprechende Unkenntnis hin. Damit ist man in der Praxis von einer integrierten Sicht auf GI im breiteren Kontext von Informatisierung und Verwaltungsmodernisierung noch recht weit entfernt.

Betrachtet man die Verfügbarkeit von **Ressourcen** im Zusammenhang mit der Erstellung eines kommunalen GI-Konzeptes so ist festzustellen, dass Städte mit GI-Konzept insgesamt eine wesentlich positivere Einschätzung der Ressourcenverfügbarkeit vornehmen als Städte ohne. Dies ist besonders deutlich bei den Wissensressourcen „technisches Know-How" (55 % vs. 30 % „sehr förderlich") und „GI-Planungs-Know-How" (42 % vs. 27 %), die zudem nur von Städten ohne GI-Konzept überhaupt auch als „hinderlich" bewertet wurden. Bei allen anderen Ressourcentypen weisen die Bewertungen als „hinderlich" darauf hin, dass Städte mit GI-Konzept etwas kritischer sind, z. B. bei „Finanzmitteln" (8 % vs. 4 %) oder „Personal" (16 % vs. 13 %). Diese Einschätzungen reflektieren ggf. auch ein stärkeres Bewusstsein für die vorhandenen Defizite. GI-Konzepte stehen also in unmittelbarem Zusammenhang mit einer besseren Ausstattung an Ressourcen – insbesondere Wissensressourcen. Dabei bleibt die Zuordnung von Ursache und Wirkung ungeklärt.

Auch bei der Erfassung von Metadaten, der Entwicklung von GI-Funktionalität sowie bei den Zielsetzungen kann ein Zusammenhang mit GI-Konzepten deutlich abgelesen werden. So beträgt der Anteil ohne jede **Metadatenerfassung** in Städten mit GI-Konzept lediglich 13 %, in den übrigen Städten jedoch 44 %. Dem steht eine Zunahme der vollständig standardisierten Erfassung nach ISO 19115 auf 21 % (mit GI-Konzept) bzw. ein Rückgang auf 4 % gegenüber (ohne). Ebenso beeinflussen GI-Konzepte offenbar die Umsetzung und Verbreiterung der **Funktionalität,** besonders im Internet. Bei den Grundlagenfunktionen „Auskunft" und „Index" steigt hier der Anteil der verfügbaren Systeme auf das doppelte bzw. dreifache. Ebenso deutlich fällt dieser Unterschied

bei den „Interpretationshilfen“ aus (Analyse, Monitoring, Simulation, 3D-Modelle). Schließlich bewerten Städte, die über ein GI-Konzept verfügen, auch die **Zielsetzungen** für die GI-Entwicklung über das gesamte Spektrum höher. Insbesondere die Teilziele „Partizipation“, „Transparenz“, „Marketing“, und „Image“ besitzen hier einen erheblich größeren Stellenwert. Insofern verändert die formalisierte Auseinandersetzung mit der GI-Entwicklung offenbar auch das Bewusstsein der Akteure für die damit verbunden Potenziale.

5 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der Befragung legen den Schluss nahe, dass es sich bei der Adaption von GI in der Stadtplanung derzeit noch um einen eher „konservativen Innovationsprozess“ handelt: Vergleichbar der stufenweisen Entwicklung beim Auf- und Ausbau von E-Government (vgl. Grabow, Siegfried 2006, 10) deutet vieles darauf hin, dass die Nutzung von GI bislang noch stark geprägt ist von den etablierten analogen Praktiken und Verfahren. Eine „zweite Generation“ zeichnet sich teilweise bereits ab (Schwerpunkt: Kommunikation, Transaktion), doch ist man von einer „dritten Generation“ (Schwerpunkt: Integration, Prozessoptimierung, Partizipation) noch weit entfernt. In den meisten Städten stützt GI daher vor allem rein operative Tätigkeiten der Verwaltung, ohne eine strategische oder politische Nutzung anzuvisieren. Dennoch unterstreichen die abweichenden Nutzungen im Einzelfall, dass das identifizierte Potenzial durchaus erschlossen werden kann.

Wesentlich erscheint ferner, dass die Nutzung von GI erhebliche räumliche Disparitäten aufweist. Die Stadtgröße ist dabei nur sehr bedingt von Belang. Vielmehr scheinen die vielerorts durchgeführten strategischen Prozesse zur Erarbeitung von GI-Konzepten ein maßgeblicher Faktor zu sein. Innerhalb dieser Prozesse wiederum sind vor allem die Rolle der Nutzer sowie von Wissensressourcen als treibende Kräfte hervorzuheben. Ebenso bestehen offenbar entscheidende Zusammenhänge mit der Orientierung der GI-Entwicklung durch Verwaltungsspitze und Politik, deren Einfluss an mehreren Stellen nachgewiesen werden konnte (interne Rahmenbedingungen, Organisation, Zielsetzungen). Insofern findet sich die eingangs formulierte These von der lokal-spezifischen Ausgestaltung der GI-Entwicklung durch die Akteure klar bestätigt. Das identifizierte Spektrum der Nutzungen illustriert dabei den bestehenden Handlungsspielraum.

Zukünftig kann daher erwartet werden, dass die Nutzung von Geoinformatik in der Stadtplanung weiter an Gewicht gewinnt und sich dabei in zunehmendem Maße zu einem Standortfaktor entwickeln wird. Mithilfe von GI gestalten Städte ihre Handlungsfähigkeit in immer mehr Politikfeldern, verändern ihre Sicht- und Lesbarkeit und beeinflussen die lokale Lebensqualität. Je nach Schwerpunktsetzung und regionalen Voraussetzungen können damit bestehende Disparitäten verstärkt oder auch neue artikuliert werden. Insofern besteht ein hoher Bedarf an (ebenen- und länderübergreifenden) Ziel-

und Steuerungskonzepten, die die kommunale GI-Nutzung stärker als bisher mit einer nachhaltigen Stadtentwicklung verknüpfen können. Entsprechende Ansätze sind derzeit jedoch noch nicht in Sicht.

6 Literatur

Bayerisches Staatsministerium der Finanzen (2003): Geoinformationssysteme – Leitfaden für kommunale GIS-Einsteiger. München.

Berchthold, M.; Krass, P. (2010): Raumwissen sichtbar machen – Zukunft entwerfen. Karlsruhe: Planungsnetzwerk geo-Innovation PNGI.

Harzer, B. (Hrsg.) (2009): GIS-Report – Software, Daten, Firmen. Karlsruhe: Harzer-Verlag.

Campbell, H.; Masser, I. (1995): GIS and organizations. London: Taylor, Francis.

Curwell, S. (2007): Sustainable urban development. London: Routledge.

Deutscher Dachverband für Geoinformation (DDGI) (2007): Zum Einsatz von Geoinformation in der Ressourcensicherung und Umweltschutz. Wuppertal: DDGI.

Initiative Sachsen (GDI) (2009): Analyse des Geoinformationsbedarfes im Freistaat Sachsen. Dresden: Sächsisches Staatsministerium des Innern.

Gilfoyle, I.; Thorpe, P. (2004): Geographic Information Management in Local Government. Boca Raton: CRC Press.

Kompetenzzentrum Geoinformatik (GiN) (2005): Abschlussbericht über den GIS-Stand. Weiterbildungs- und Wissenstransferbedarf von Gemeinden und Landkreisen durch das GiN, Vechta: GiN.

Grabow, B.; Siegfried, C. (2006): Kommunales E-Government 2006 – eine empirische Bestandsaufnahme. Berlin: DifU.

Haghwerdi, G. (2007): Akionsforschung im GIS-Umfeld. (Zugriff am 16.3.2009): www.azer.de

Iwer, N. (2007): Regionales Flächenmonitoring unter Einsatz geografischer Informationssysteme. Essen: Regionalverband Ruhr.

Jacquier, C. (2005): On relationships between integrated policies for sustainable urban development and urban governance. In: Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie, 96(4), S. 363-376.

Jeschkeit, S. (2003): Finanzierbare Lösungen gefragt. Ergebnisse einer bundesweiten Kommunalumfrage zum Thema GIS und Geoinformation. In: GeoBit, 8(1/2), S. 21-23.

Jeschkeit, S. (2002): GIS ab Größe S – Kommunalumfrage zum Thema Geoinformation und GIS. In: GeoBIT, 7, S. 30-33.

Junius, H.; Wegener, M. (1995): Verbreitung von Geoinformationssystemen in den Kommunalverwaltungen Deutschlands – Ergebnis einer Umfrage. In: Vermessungswesen und Raumordnung, 57(4+5), S. 233.

KGSt Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (2006): Angewandtes Geodatenmanagement. Köln: KGSt.

Lenk, K. (2004): Der Staat am Draht: Electronic Government und die Zukunft der öffentlichen Verwaltung – eine Einführung. Berlin: Edition Sigma.

Majer, H. (2007): Happy new times: Sustainability as a problem-solving concept. In: Wiedervorlage dringend: Ansätze für eine Ökonomie der Nachhaltigkeit, S. 238-253. München: Oekom.

Masser, I.; Campbell, H.; Craglia, M. (1996): GIS Diffusion – The Adoption and use of Geographical Information Systems in Local Government in Europe. London: Taylor, Francis.

Mook, V. (2009): Planung 2.0 – Planung im Kontext neuer Techologien. PlanerIn, (5), S. 3-4.

Pornon, H. (1998): Systèmes d'information géographique, pouvoir et organisations. Géomatique et stratégies d'acteurs. Paris: l'Harmattan.

Scholles, F. (2003): Ein GIS-Konzept für alle – GIS-Einführung in der Kommunalverwaltung. In: Virtuelle Welten, S. 28-32.

Seuss, R. (2000): Implementierung und Nutzung eines Kommunalen Geoinformationssystems auf Landkreisebene. Schriftenreihe der Fachrichtung Vermessungswesen der TU Darmstadt.

Smith, A.; Stirling, A.; Berkhout, F. (2005): The governance of sustainable socio-technical transitions. In: Research Policy, 34(10), S. 1491-1510.

Städtetag NRW (2003): Geodatenmanagement. Eine Handlungsempfehlung. Köln: DST.

Städtetag NRW (2005): Strategien zur Vermarktung kommunaler Geodaten. Eine Handlungsempfehlung. Köln: DST.

Storch, H. (2003): Balanced gEo-Government. In: Strobl, J.; Griesebner, G. (Hrsg.) geoGovernment, Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, S. 119-128.

UN-Habitat (2009): Planning sustainable cities: global report on human settlements 2009. London: Earthscan.

Wheeler, S.; Beatley, T. (Hrsg.) (2009): The sustainable urban development reader. 2. Aufl., London/New York: Routledge.

Kartogramme – Wege zu einem tieferen Verständnis räumlicher Zusammenhänge

Markus Burgdorf

Zusammenfassung

Thematische Karten mit regionalstatistischen Inhalten bedienen sich meist einer Kartengrundlage mit flächentreuer Projektion. Bei der häufig verwendeten flächenhaften Wertstufendarstellung (Choroplethenkarte) tritt so die Größe der Bezugseinheiten und nicht die Verteilung der thematischen Daten selbst in den Vordergrund. Im Endeffekt bedeutet dies eine graphische Verzerrung der Daten. Als eine interessante, aber noch weitgehend ungenutzte Möglichkeit zur Lösung dieses themakartographischen Grundproblems, bietet sich die wertproportionale Darstellung im Kartogramm an, bei der die Bezugsflächen proportional zu einer thematischen Variable skaliert werden. Der Beitrag stellt diese ungewohnte und zunächst gewöhnungsbedürftige Form der thematischen Karte im Überblick vor und setzt sich anhand mehrerer Beispiele aus der Raumbeobachtung des BBSR kritisch mit den Einsatzmöglichkeiten in der Praxis auseinander.

1 Statistik in der Karte

Die Darstellung regionalstatistischer Daten in der Karte stellt besondere Anforderungen an eine gewissenhafte Informationskodierung durch den Kartographen. In der Regel werden hier Daten dargestellt, die für meist administrative Bezugsflächen durch Zählung erfasst und z. T. mit statistischen Verfahren weiterverarbeitet sind. Aufgrund des Raumbezugs der Darstellungs- und Berechnungseinheiten bietet sich die kartographische Darstellung an. Allerdings ist dabei zu beachten, dass es sich hier stets um Aggregate handelt. Diese Aggregate sind durch die räumlichen Grenzen der Bezugsflächen definiert, es werden aber keineswegs Phänomene abgebildet, die im gesamten Gebiet der Bezugsfläche vorkommen oder gar gleichmäßig über deren Fläche verteilt sind. Die Größe dieser Aggregate variiert häufig extrem und entspricht in den seltensten Fällen der Bezugsflächengröße. Aufgrund der Bevölkerungsverteilung sind in den Städten meist hohe Fallzahlen auf relativ kleinen Flächen und auf dem Land niedrige Fallzahlen auf größeren Flächen vorzufinden. Hieraus ergibt sich ein Grundproblem in der kartographischen Darstellung statistischer Werte bei Bevölkerungs- bzw. Siedlungskennzahlen: die größeren Flächen erhalten ein stärkeres Gewicht, unabhängig davon wie groß die eigentliche Bezugsgröße der dargestellten Werte ist. Dieser Umstand hat auf die Wirkung der Karte und auf den Leser einen erheblichen Einfluss.

Flächenwertstufenkarten (Choroplethenkarte) bedienen sich in der Regel einer flächentreuen Kartengrundlage. Sie vermitteln uns beispielsweise ein Bild der von Bevölke-

rungsrückgang, hohen Mietpreisen oder Arbeitslosigkeit betroffenen Flächen. Tatsächlich beziehen sich solche Inhalte in der Regel jedoch nicht auf die Fläche, sondern auf die dort lebende Bevölkerung oder Teilmengen davon. Das benötigte Wissen über die Einwohnerzahl der einzelnen Gebiete wird stillschweigend vorausgesetzt. Man verlangt damit vom Kartenleser eine nicht unerhebliche geistige Transferleistung. Da die visuelle Botschaft gleichzeitig aber flächenbezogene Signale übermittelt, werden selbst geübte Leser anfällig für Fehlinterpretationen. Die Problematik findet sich auch bei der Darstellung von Indikatoren im Handlungsfeld Ökologie, z. B. Flächenverbrauch je Einwohner, installierte Leistung aus regenerativen Energiequellen je Einwohner usw. Als eine interessante Alternative bietet sich daher die Darstellung in einem *Kartogramm* an.

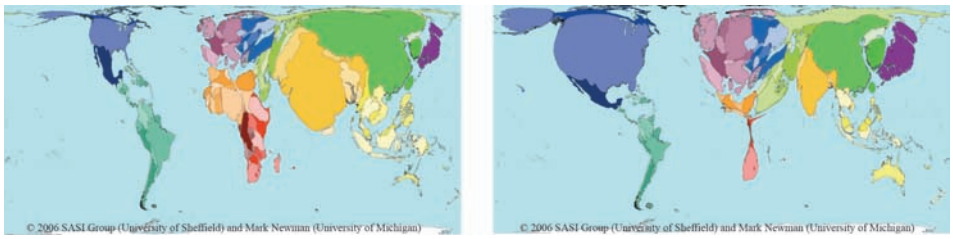


Abb. 1: Kartogramme aus Worldmapper: Staaten der Erde proportional zur Bevölkerung (links) und zum CO_2-Ausstoß (rechts) (Quelle: www.worldmapper.org)

2 Kartogramme – mehr als verzerrte Karten

2.1 Was sind Kartogramme?

Als *Kartogramme* werden im Folgenden absichtlich verzerrte Karten bezeichnet, deren räumliche Eigenschaften nicht direkt mit der Lage auf der Erdoberfläche, sondern mit dem Wert einer thematischen Variablen zusammenhängen (Rase 2001). Das bedeutet, dass die einzelnen Bezugsflächen proportional zum Variablenwert skaliert werden. Dies mutet zunächst wie ein Bruch kartographischer Gesetzmäßigkeiten an, da topographische Grenzen auf der Erdoberfläche eindeutig vermessen sind. Tatsächlich ist es aber möglich, auch die 2 Dimensionen der Ebene als graphische Variablen zu nutzen, welche nach Bertin (1974) dieselben bedeutungstragenden Eigenschaften wie die Variable Größe aufweisen. Es ist demnach möglich, proportionale Mengen nicht nur durch unterschiedliche Größen von Symbolen, sondern auch durch die Variation der Größe ihrer Bezugsflächen in der Karte darzustellen. Auf diese Weise lassen sich absolute Werte ohne Zuhilfenahme von weiteren Symbolen in der Karte abbilden (Abb. 1). Gleichzeitig kann die so veränderte Karte wieder als Grundlage für eine Choroplethendarstellung dienen.

Der Begriff *Kartogramm* lehnt sich an das im Englischen gebräuchliche *cartogram* an. In der deutschsprachigen Literatur ist häufig noch der Begriff *kartographische Anamorphose* anzutreffen. Die direkte Übersetzung aus dem Englischen wurde lange vermieden, da der Begriff in der Kartographie traditionell eine andere bzw. umfassendere Bedeutung hatte. Man fasste dort häufig alle Formen der Bezugsflächenkarte unter dem Begriff Kartogramm zusammen (Arnberger 1997). Diese statistischen Karten sind mittlerweile aber solch eine Selbstverständlichkeit, dass in der Praxis dafür keine gesonderte Bezeichnung mehr verwendet wird.

Die Verwendung von Kartogrammen ist bis in die Mitte des 19. Jh. zurück dokumentiert. Recht populär sind sie insbesondere in den USA für die Darstellung von Wahlergebnissen. Mehrere moderne Atlaswerke (z. B. Atlas des räumlichen Wandels der Schweiz, People and Places – UK Census Atlas, Atlas of the Island of Ireland) verwenden serienmäßig Kartogramme als Grundlage für die themakartographische Darstellung.

Der gedankliche Weg zum Kartogramm ist am leichtesten nachzuvollziehen, wenn man versucht, sich zunächst einmal vorzustellen, wie man einen Sachverhalt im Diagramm anstatt in der Karte veranschaulichen würde: Im Beispiel in Abbildung 2 würde man vielleicht ein Diagramm wählen, in dem die prognostizierte Bevölkerungsentwicklung in Beziehung zur Bevölkerungszahl im Ausgangsjahr dargestellt ist, also z. B. durch farbliche Klassifizierung von Kreisen je nach Art und Stärke der Entwicklung. Die Größe der Kreise entspricht dann der Bevölkerungszahl in den einzelnen Raumordnungsregionen, die Summe der Kreisgrößen entspricht der Gesamtbevölkerung im Untersuchungsgebiet. Man käme wohl kaum auf die Idee, die Kreisgrößen entsprechend der Katasterfläche zu zeichnen, denn die Fläche hat mit der Bevölkerungsentwicklung inhaltlich nichts zu tun. Reichert man das Diagramm um die Lagebeziehungen der Raumordnungsregionen an, ergibt sich ein Kartogramm. Das Kartogramm lässt sich also als Sonderfall eines um Nachbarschaftsbeziehungen angereicherten Diagramms verstehen.

Raumordnungsregion	Fläche (km²)	Bevölkerung 2005	Bevölkerungsentwicklung 2005 - 2025
Berlin	891	3.395.000	stabil
Havelland-Fläming	6.833	739.000	leichte Zunahme
Lausitz-Spreewald	7.207	665.000	starke Abnahme
Oderland-Spree	4.537	449.000	leichte Abnahme
Prignitz-Oberhavel	6.462	397.000	leichte Abnhame
Uckermark-Barnim	4.573	317.000	leichte Abnahme

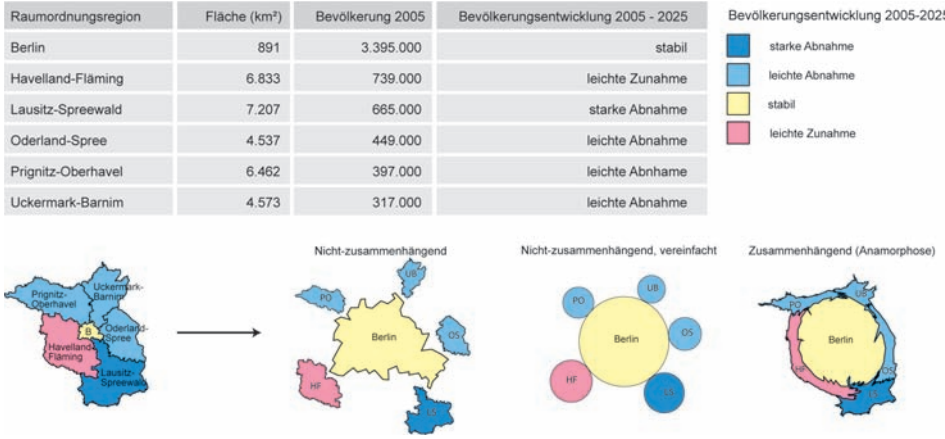


Abb. 2: Von der Tabelle zu verschiedenen Kartogrammtypen (Quelle: Eigene Bearbeitung)

2.2 Kartogrammtypen im Überblick

Die manuelle Konstruktion von Kartogrammen ist hochkomplex und sehr zeitaufwändig, daher waren sie bis zum Beginn des Computerzeitalters nur sehr wenig verbreitet. Seit den 1960er Jahren wurden mehrere Computeralgorithmen für die Herstellung von Kartogrammen entwickelt, von denen einige mittlerweile für gängige Geo-Informationssysteme als Werkzeuge zur Verfügung stehen (Tobler 2004). Bei der Herstellung von Kartogrammen sind stets die sich widersprechenden Eigenschaften Mengentreue (Wert-Proportionalität), Formerhaltung – sowohl des Gesamtgebiets als auch der Einzelflächen – und nicht zuletzt ein vertretbarer Herstellungsaufwand gegeneinander abzuwägen. Entsprechend hat sich eine Vielzahl von teils manuellen, teils automatischen Lösungen für die Kartogrammherstellung entwickelt, die sich grob in zwei Gruppen unterteilen lassen (Burgdorf 2008):

- *Zusammenhängende Kartogramme:* Die proportionale Skalierung der Bezugsflächen geschieht hier unter Beibehaltung der topologischen Zusammenhänge. Damit einhergehend ergeben sich zwangsläufig Verzerrungen der ursprünglichen Form. Dies sind jene Darstellungen, die zutreffenderweise mit dem Begriff *Anamorphose* (=Gestaltumwandlung) bezeichnet werden. Für diesen Typ wurden seit den 1970er Jahren die meisten Computeralgorithmen entwickelt, u. a. der Algorithmus von Gastner und Newman (2004), mit dem die Kartogramme im Projekt *Worldmapper* und für diesen Beitrag erzeugt werden. Das Verfahren beruht auf der Beschreibung von Diffusionsprozessen aus der Elementarteilchenphysik. Bildlich gesprochen „fließen“ dabei Wertanteile aus Gebieten mit einer überdurchschnittlichen Wertdichte in solche mit einer unterdurchschnittlichen Wertdichte. Sie dehnen dabei die Gren-

zen ihrer Bezugsflächen aus, solange bis eine gleichmäßige Wertdichte über das gesamte Untersuchungsgebiet erreicht ist.

- *Nicht-zusammenhängende Kartogramme:* Die topologischen Zusammenhänge werden bei diesem Typ aufgelöst. Die geographische Form der Flächen kann dabei erhalten bleiben oder auf einfache geometrische Grundformen, wie Kreise oder Rechtecke, vereinfacht werden. Durch das in Kauf genommene Aufbrechen der Nachbarschaftsbeziehungen entstehen Lücken zwischen den einzelnen Einheiten, die ein Wiedererkennen der realen Geometrie erschweren. Andererseits sind solche Kartogramme deutlich leichter manuell zu konstruieren.
- Weiterhin gibt es *Mischformen* aus diesen beiden Typen. Manche manuelle Verfahren der Herstellung gebietlich zusammenhängender Kartogramme bedienen sich hier wieder der Reduzierung auf geometrische Grundformen und verzichten dabei auf durchgängige topologische Konnektivität.

3 Warum Kartogramme?

3.1 Wahrnehmungswege verstehen und nutzen

Die größte Wirkung erzielen Kartogramme sicherlich über den Überraschungseffekt. Selbstverständlich gibt es für jeden Sachverhalt immer eine andere, den Sehgewohnheiten eher entsprechende Darstellungsweise. Mit Kartogrammen eröffnet sich aber die Möglichkeit, den Leser emotional stärker anzusprechen.

Unsere visuelle Wahrnehmung funktioniert nach psychophysischen Gesetzmäßigkeiten. Wir sind in der Lage, aus einer Vielzahl von Elementarinformationen innerhalb Sekundenbruchteilen übergeordnete Muster zu erkennen. Große Objekte werden schneller erfasst als kleine und es wird ihnen eine höhere Bedeutung zugewiesen. Dieser Wahrnehmungseigenschaften bedient sich die thematische Kartographie ganz gezielt, um aus Werten für viele Einzelgebiete Verteilungsmuster oder räumliche Konzentrationen erkennbar zu machen. Das Erscheinungsbild dieser Muster ist also nicht nur von den Einzelwerten, sondern ganz erheblich auch von der Größe der Bezugsflächen abhängig.

3.2 Mehr Wesentliches sehen

Die räumlichen Grenzen der Bezugsflächen definieren die Grenzen für die Bildung von regionalstatistischen Aggregaten. Die Größe dieser Aggregate variiert häufig extrem und entspricht in den seltensten Fällen der Bezugsflächengröße. Das Kartogramm verdeutlicht auf einen Blick die tatsächlichen Relationen. Am Beispiel der Bevölkerung finden sich in den Städten die höchsten Einwohnerzahlen auf meist vergleichsweise kleiner Fläche. Tatsächlich sind diese Aggregate so groß und von so hoher Bedeutung für den

Gesamtraum, dass auch aus der Gesamtsicht eine nähere Betrachtung sinnvoll ist. Dies ist die Motivation für Initiativen wie das Urban Audit auf europäischer Ebene oder die Innerstädtische Raumbeobachtung (IRB) des BBSR. In der IRB werden in Kooperation mit 50 deutschen Großstädten kleinräumige Daten auf Stadtteilebene vergleichend analysiert (BBSR 2007). Das Kartenbeispiel verdeutlicht, wie solche Informationen in eine bundesweite kartographische Darstellung eingebunden werden können.

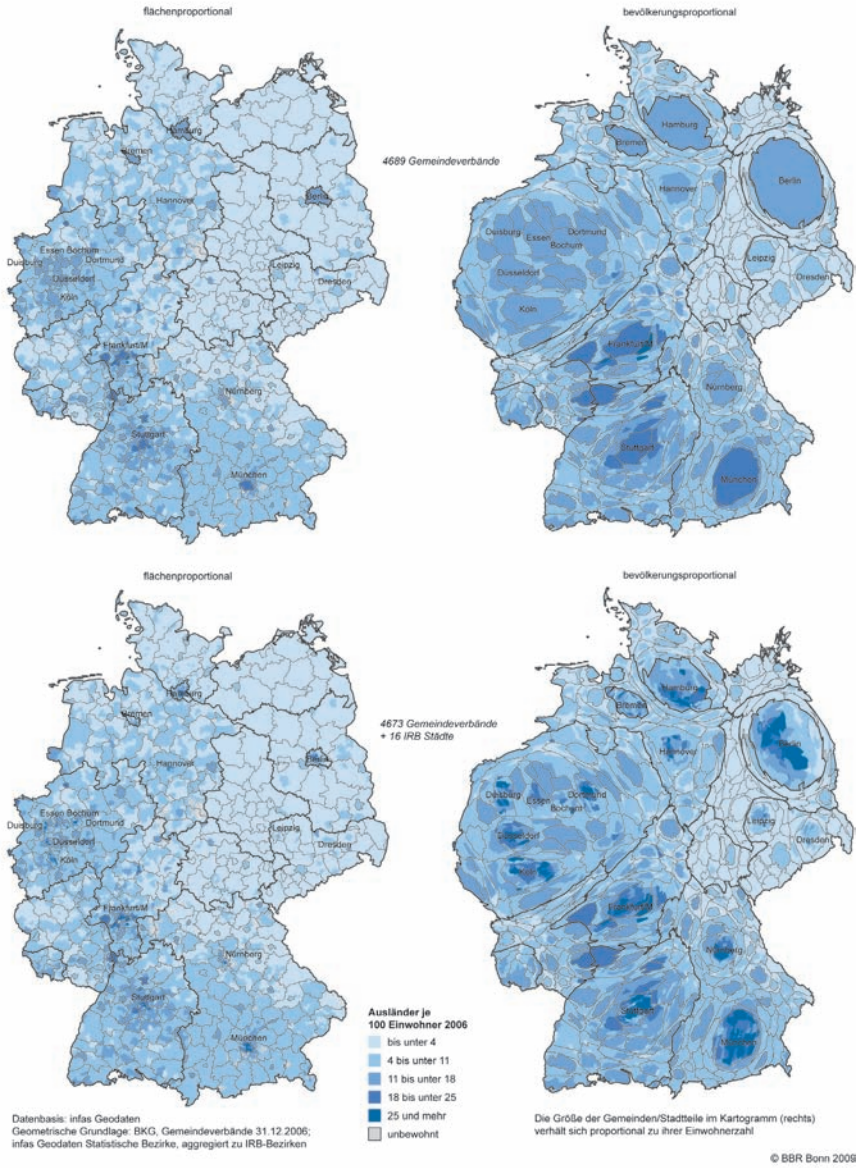


Abb. 3: Aufbrechen von Aggregaten mit Kartogrammen (Quelle: Eigene Bearbeitung)

3.3 Der praktische Aspekt

Neben den besonderen Wahrnehmungseigenschaften bieten Kartogramme heute aber auch ganz praktische Vorteile: Der Herstellungsaufwand ist mit den verfügbaren GIS-Werkzeugen mitunter deutlich geringer als für die Alternative einer Karte mit Proportionalsymbolen. Dies zeigt sich vor allem bei Darstellungen mit einer hohen räumlichen Auflösung. Proportionalsymbolkarten sind bei einer hohen Zahl von Bezugsflächen und einer häufig damit verbundenen breiten Wertestreuung nur noch schwer lesbar und verlangen ein hohes Maß an Nacharbeit.

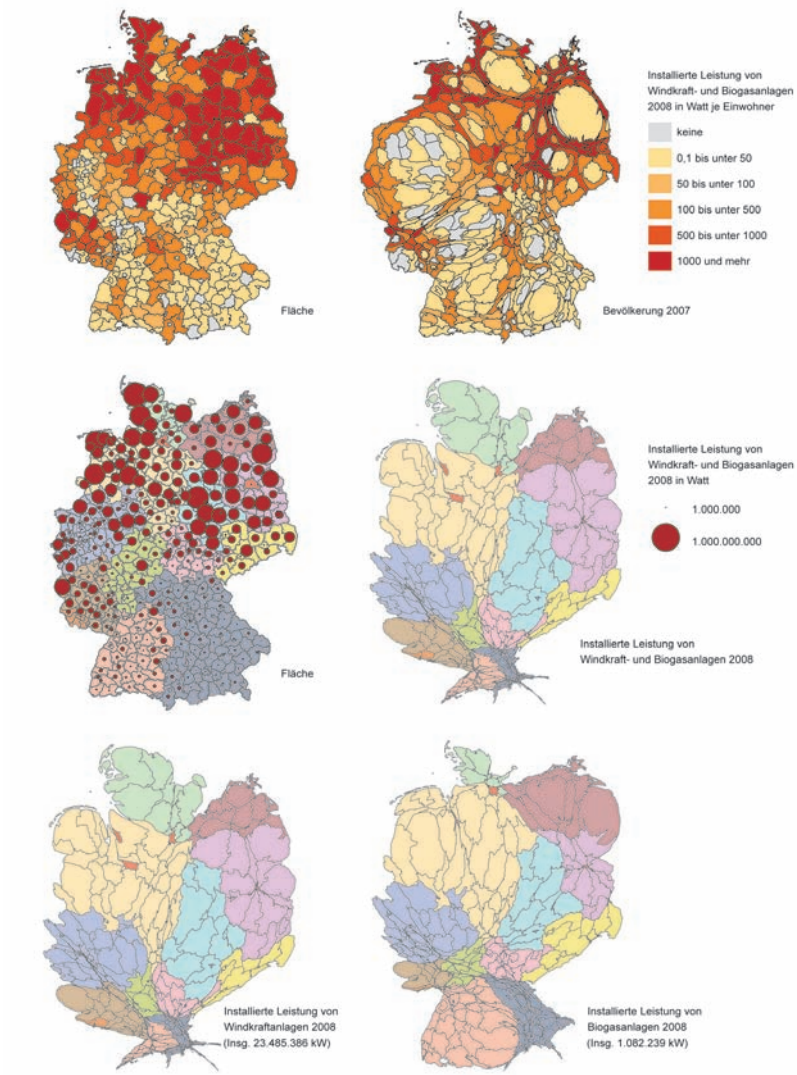


Abb. 4: Alternative Darstellungsweisen am Beispiel Erneuerbare Energien (Quelle: Eigene Bearbeitung)

4 Perspektiven einer praxisgerechten Anwendung

Die in diesem Beitrag aufgeführten Beispiele belegen, dass Kartogramme die objektiven Kriterien für eine wertproportionale Darstellung von statistischen Daten mit Raumbezug erfüllen. Aber können solche Darstellungen dem Leser zugemutet werden? Sind auch ungeübte Kartennutzer in der Lage, einen Erkenntnisgewinn daraus zu ziehen?

Bei vielen Lesern rufen Kartogramme zunächst spontan ablehnende Reaktionen hervor. Das Abweichen vom gewohnten Kartenbild wird häufig als unästhetisch, vor allem aber auch als unrealistisch und „falsch" empfunden. Hinzu kommt, dass aus gleichen Daten über die verschiedenen Algorithmen jeweils sehr unterschiedlich aussehende Kartogramme erzeugt werden können. Durch Fehleranalysen lässt sich jedoch belegen, dass die Restfehler bei der Transformation in Kartogramme vernachlässigbar sind (z. B. Burgdorf, Huter 2009). Die Algorithmen arbeiten also fehlerfrei.

Deutlich schwieriger zu begegnen sind Vorbehalte mit Blick auf die Verständlichkeit. Tatsächlich bedarf es zunächst eines erweiterten Raumverständnisses, um Kartogramme sinnvoll nutzen zu können. Solange der Leser die Darstellung nur im Absolutraum der Erdoberfläche festmacht, wird er nur verzerrte und falsch begrenzte Flächen erkennen. Kartogramme stellen aber immer relative Räume dar. Relativraumkonzepte sind weder in der Wissenschaft noch im alltäglichen Gebrauch etwas Neues. Unbewusst nutzen wir sie jeden Tag, sobald wir räumliche Metaphern benutzen, wie z. B. „ein Gedanke ist weit hergeholt" oder „das Finale rückt näher". Analysen von Sozialräumen, Zeit-Räumen oder politischen Räumen bedienen sich in ihren Darstellungen deshalb kartographischer Mittel (z. B. Hermann 2009). Man kann also davon ausgehen, dass das Potenzial für ein Verständnis von Kartogrammen durchaus bei den meisten Menschen vorhanden ist. Kartogramme können aber nur funktionieren, wenn der Leser die Relativraumdarstellung in den gewohnten Absolutraum gedanklich zurück transformieren kann. Dieser Prozess wird unterstützt, indem immer die flächentreue Karte neben dem Kartogramm abgebildet ist. Zusätzlich sollten in beiden Darstellungen viele topographische Anhaltspunkte, wie z. B. Grenzverläufe und Städte, enthalten sein. Sinnvoll kann auch ein Größenmaßstab für die transformierten Gebiete in der Legende sein. In jedem Fall sollte die Darstellungsform kurz erläutert werden.

Schließlich bleibt festzustellen, dass es keinesfalls darum geht, die traditionelle Form der Karte abzuschaffen oder Darstellungsformen gegeneinander auszuspielen. Vielmehr geht es darum, alle Wege zu nutzen, die zu einem tieferen Verständnis räumlicher Zusammenhänge führen können.

5 Literatur

Arnberger, E. (1997): Thematische Kartographie. Das Geographische Seminar.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) (2007): Sturm, G.: Innerstädtische Raumbeobachtung – Methoden und Analysen. Berichte Band 25.

Bertin, J. (1974): Graphische Semiologie – Diagramme, Netze, Karten.

Burgdorf, M.; Huter, J. (2009): Eine alternative Methode zur Darstellung regionaler Strukturen am Beispiel der Arbeitslosigkeit. Statistische Monatshefte Niedersachsen, 12/2009, S. 610-618.

Burgdorf, M. (2008): Verzerrungen von Raum und Wirklichkeit in der Bevölkerungskartographie. Kartographische Nachrichten 58(5), S. 234-242.

Gastner, M. T.; Newman, M. E. J. (2004): Diffusion-based method for producing density equalizing maps. Proceedings of the NAS 101 (20), S. 7499-7504.

Hermann, M. (2009): Kartographie sozialräumlicher Zusammenhänge. Informationen zur Raumentwicklung (10/11.2009), S. 701-709.

Rase, W.-D. (2001): Kartographische Anamorphosen und andere nicht-lineare Darstellungen. Kartographische Bausteine 19, S. 31-38.

Tobler, W. (2004): Thirty-Five Years of Computer Cartograms. Annals of the Association of American Geographers 94 (1), S. 58-73.

Datengrundlagen und Flächenerhebungsprogramme

Neue Grundlage der amtlichen Flächennutzungsstatistik: ALKIS® – Chancen und Probleme

Jürgen Schauer

Zusammenfassung

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) hat zur zukunftsorientierten Führung des Liegenschaftskatasters das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®) auf der Grundlage internationaler Normen und Standards entwickelt und setzt dabei für das Liegenschaftskataster und die Geotopographie ein gemeinsames Basisschema ein. Ziel ist es u. a., Informationen für ALKIS® und das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS®) nur einmal zu erfassen. Dies hat insbesondere bei der Modellierung der tatsächlichen Bodennutzung in ALKIS® zu einer neuen Sichtweise geführt, die anstelle der bisherigen Flurstückszentrierung nunmehr stärker durch landschaftsbeschreibende Elemente geprägt wird.

Die Umsetzung des ALKIS®-Konzeptes wird die amtliche Flächenstatistik in erheblichem Umfang beeinflussen und ihre Fortsetzung in der bisherigen Struktur auf Dauer nicht mehr zulassen. Andererseits eröffnet das Modell auch für die amtliche Statistik Vorteile, die sich allein schon auf der Ebene der geringsten Erfassungstiefe durch einen deutlichen Informationszuwachs des ALKIS®-Grunddatenbestandes gegenüber dem korrespondierenden Mindestveröffentlichungsprogramm ergibt.

1 Datenmodell der Gegenwart

Grundlage für die Flächenerhebung nach dem Agrarstrukturgesetz ist das Nutzungsverzeichnis der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) von 1991. Dieses Nutzungsartenverzeichnis gibt eine bundeseinheitliche Definition und Gliederung der tatsächlichen Nutzung im Liegenschaftskataster vor. Es ist hierarchisch strukturiert und unterscheidet acht Nutzungsartengruppen, die durch einen 100er-Schlüssel repräsentiert werden. Diese Gruppen werden in Nutzungsarten mit einem 10er-Schlüssel unterteilt, die wiederum in der letzten Hierarchiestufe in Nutzungsarten mit einem 1er-Schlüssel differenziert werden können.

Die Erfassungstiefen in den einzelnen Bundesländern ist heterogen und reicht von einem Nachweis von Nutzungsartengruppen (100er-Schlüssel) bis hin zur Führung von Nutzungsarten nach 1er-Schlüssel. Aus diesem Grund haben sich die Statistikbehörden und die Vermessungsverwaltungen auf die bundeseinheitliche Bereitstellung eines sogenannten „Mindestveröffentlichungsprogramms“ für die Flächenerhebung verständigt.

Dieses enthält Angaben zur tatsächlichen Nutzung auf der Ebene der acht 100er-Schlüssel sowie von neun ausgesuchten 10er-Schlüsseln.

Tab. 1: Mindestveröffentlichungsprogramm für die Flächenerhebung (Quelle: AdV 2003)

Schlüssel im Nutzungsartenverzeichnis	Nutzungsart
100/200	Gebäude- und Freifläche
130	Wohnen
170	Gewerbe und Industrie
300	Betriebsfläche
310	Abbauland
400	Erholungsfläche
420	Grünanlage
500	Verkehrsfläche
510-530	Straße, Weg, Platz
600	Landwirtschaftsfläche
650	Moor
660	Heide
700	Waldfläche
800	Wasserfläche
900	Flächen anderer Nutzung
940	Friedhof
950	Umland

2 Datenmodell der Zukunft

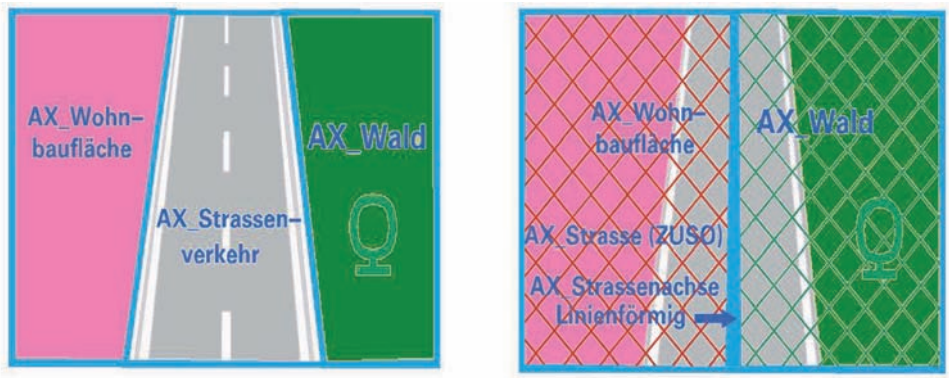
Die AdV hat zur zukunftsorientierten Führung des Liegenschaftskatasters das ALKIS®-Modell auf der Grundlage internationaler Normen und Standards entwickelt. Das Amtliche Liegenschaftskataster Informationssystem (ALKIS®) steht für die integrierte Führung von Liegenschaftsbuch und Liegenschaftskarte in nur noch einem Informationssystem.

Neben dem Informationssystem für das Liegenschaftskataster wurden das Amtliche Festpunktinformationssystem (AFIS®) und das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS®) entwickelt. Wir sprechen auch vom AFIS®-ALKIS®-ATKIS®-Modell oder kurz AAA-Modell. Mit diesem AAA-Modell ist die historisch begründete Trennung zwischen Liegenschaftskataster und Geotopographie durch einen integrativen Ansatz in Form eines gemeinsamen Basisschemas überwunden worden. Damit bestand nun auch die Notwendigkeit, die in ALKIS® und ATKIS® zu führenden Objekte semantisch zu harmonisieren. Dies hat, insbesondere bei der Modellierung der tatsächlichen

Bodennutzung in ALKIS®, zu einer neuen Sichtweise geführt, die anstelle der bisherigen Flurstückszentrierung nunmehr stärker durch landschaftsbeschreibende Elemente geprägt wird.

Diese Modellierung schafft die Möglichkeit, Informationen für ALKIS® und ATKIS® nur einmal zu erfassen. Im AAA-Anwendungsschema gibt es aufgrund der Katalogharmonisierung zwischen ALKIS® und ATKIS® gemeinsame Objektarten, die auch gemeinsam in den Verfahrenslösungen von ALKIS® und ATKIS® genutzt werden können.

Die semantische Harmonisierung der Objektarten der Grundflächen (Objektartenbereich „Tatsächliche Nutzung") konnte weitgehend erreicht werden. Hinsichtlich der Geometrie gibt es Unterschiede zwischen ALKIS® und ATKIS®, die vor allem im Objektartenbereich „Tatsächliche Nutzung" deutlich werden. Die einzelnen „Nutzungsartenmaschen" werden in ATKIS® in der Regel durch Linien begrenzt (Straßenachsen, Gewässerachsen), in ALKIS® durch flächenförmige Straßen und Gewässer.



„Straßenverkehr" – ALKIS *„Straßenverkehr" – ATKIS*

Abb. 1: Objektarten in ALKIS und ATKIS am Beispiel Straßenverkehr (Quelle: AdV 2009)

In ALKIS® erfolgt die Erfassung entsprechend der örtlichen Gegebenheiten. Die Wohnbauflächen und der Wald reichen jeweils bis an den Rand der Straßenverkehrsfläche.

In ATKIS® ist die Straßenachse maßgeblich. Sie ist der Träger der Straßensignatur. Da auch hier Flächendeckung und Überschneidungsfreiheit erforderlich sind, reichen die Wohnbaufläche und die Waldfläche über die Straßenverkehrsfläche hinweg bis an die Straßenachse heran.

Die Ablage der Informationen erfolgt in der Regel in ALKIS® in der Objektart „Straßenverkehr" in ATKIS® in der Objektart „Straßenachse". Jedoch ist die Objektart „Straßenverkehr" auch für ATKIS® zugelassen. Hinderlich ist dagegen, dass die Erfassungskriterien in ALKIS® und ATKIS® unterschiedlich sind.

3 ALKIS®-Objektartenkatalog

Der ALKIS®-Objektartenkatalog bildet die tatsächliche Bodennutzung in einem eigenen Objektbereich ab. Dieser gliedert sich in die vier Objektartengruppen:

- Siedlungsflächen
- Verkehrsflächen
- Vegetationsflächen
- Gewässerflächen

und anschließend in einzelne Objektarten. Die Objektarten können zur näheren Beschreibung ihrer Eigenschaften Attributarten enthalten, die durch Wertearten spezifiziert werden. Insbesondere die Attributart „Funktion“ ermöglicht eine differenzierte Beschreibung einzelner Nutzungsarten, wobei innerhalb der Wertearten hierarchische Beziehungen bestehen können.

Diese neue Modellierung ist weitgehend kompatibel zur alten Struktur des Nutzungsartenverzeichnisses, so dass sich in weiten Bereichen eine eindeutige Zuordnung zwischen den bislang nachgewiesenen Nutzungsarten und entsprechenden ALKIS®-Objektarten treffen lässt.

In Detailbereichen treten allerdings auch strukturelle Verschiebungen auf, die beim Vergleich mit alten Flächenbilanzen zu Differenzen führen werden.

Entsprechende Auswirkungen ergeben sich insbesondere durch den neuen Modellierungsgrundsatz, die bisherige Trennung zwischen Gebäude- und Freiflächen einerseits sowie den zugehörigen unbebauten Flächen andererseits als Grundphilosophie der Nutzungsartengliederung aufzugeben. Weitere Einflüsse entstehen z. B. auch durch die neue fachliche Logik, Übungsgelände und Schutzflächen als eigenständige Nutzungsarten zu eliminieren und die betroffenen Flächen stattdessen ihrer tatsächlichen Bodennutzung bzw. Bedeckung zuzuordnen.

Vor dem Hintergrund der Erfassungstiefe der derzeitigen Daten in den einzelnen Bundesländern werden die Angaben der tatsächlichen Bodennutzung auch in ALKIS® in unterschiedlicher Detaillierung geführt werden. Deshalb hat sich die AdV auf die Definition eines Grunddatenbestands verständigt, der eine Teilmenge des ALKIS®-Objektartenkatalogs enthält. Dieser Grunddatenbestand wird zukünftig von allen Vermessungsverwaltungen bundeseinheitlich geführt und den Nutzern länderübergreifend zur Verfügung gestellt.

4 Übergangsphase – Rückrechnung

Die Migration der vorhandenen Datenbestände des Liegenschaftskatasters nach ALKIS® wird bei den einzelnen Bundesländern zeitlich verzögert beginnen und, abhängig von den bestehenden Voraussetzungen und Ressourcen in den Ländern unterschiedlich lange Zeiträume in Anspruch nehmen.

Für diese mehrere Jahre dauernde Übergangsphase werden aus den bereits auf ALKIS® umgestellten Datenbeständen per „Rückrechnung" Flächenangaben in der alten Struktur generiert. Damit wird der Anspruch der Statistikbehörden erfüllt, auch in dieser Phase die Flächennutzungsstatistik kontinuierlich fortzuführen.

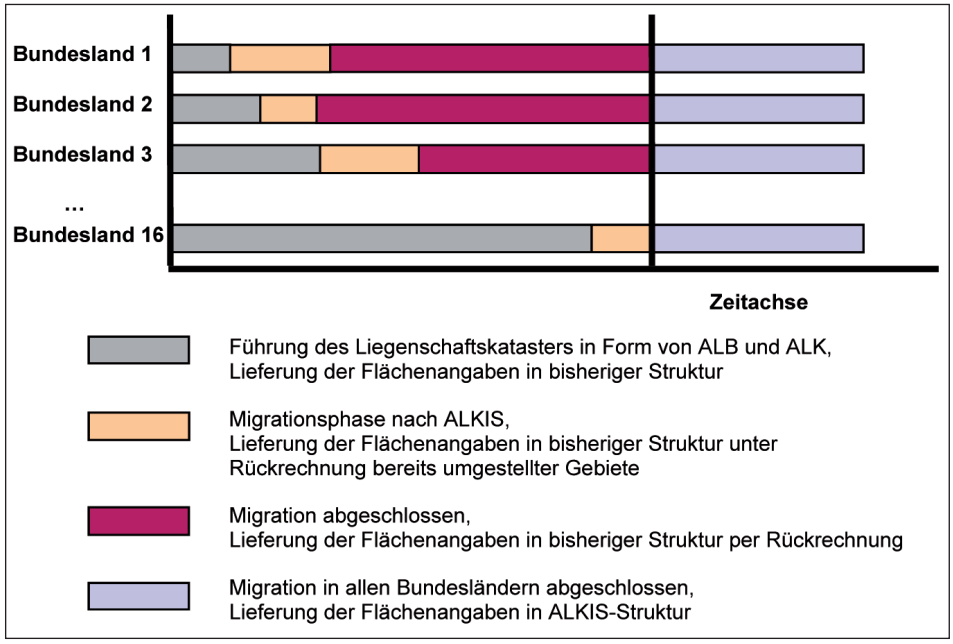


Abb. 2: Konzept zur Rückrechnung (Quelle: AdV 2003)

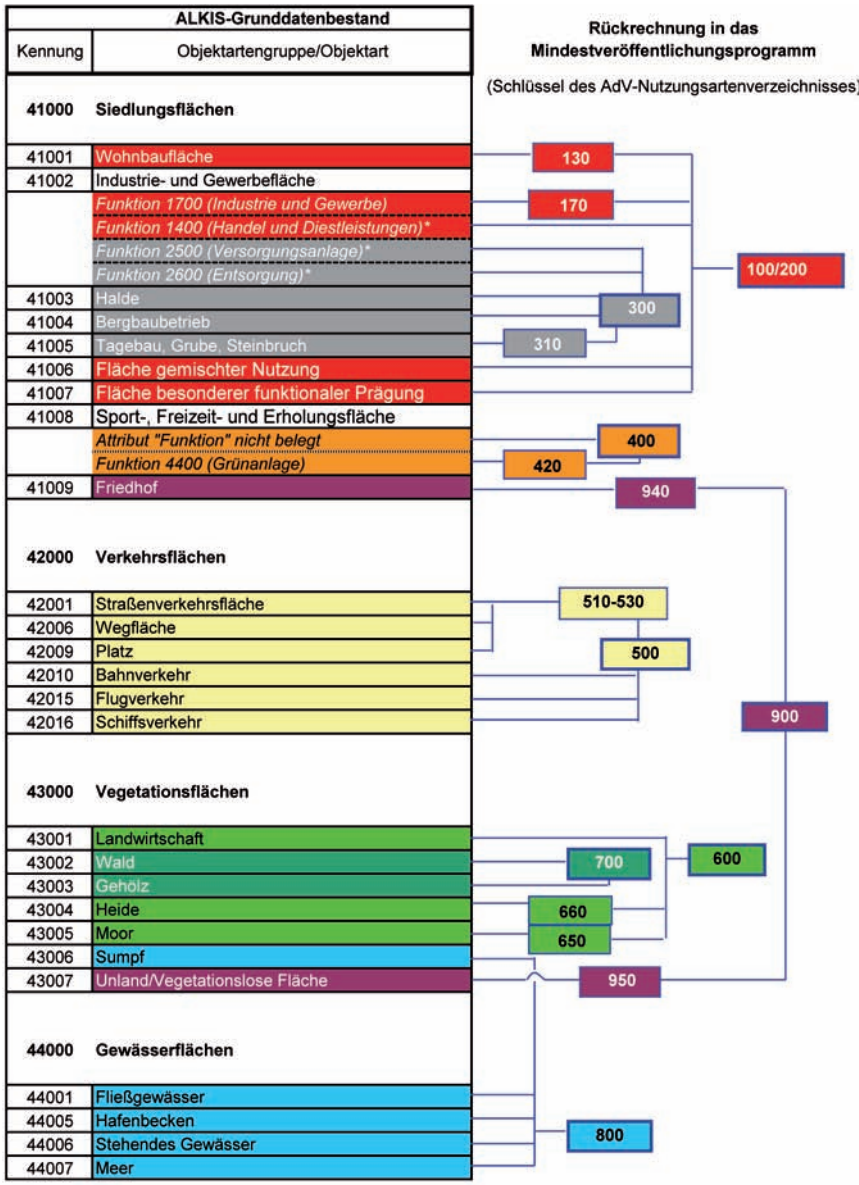


Abb. 3: Zuordnung zwischen ALKIS-Grunddatenbestand und Mindestveröffentlichungsprogramm der Flächenerhebung (Auszug) (Quelle: AdV 2003)

Bei der Rückrechnung sind je nach Erfassungstiefe drei Kategorien zu unterscheiden:

1. Orientiert sich die Erfassungstiefe am Mindestveröffentlichungsprogramm und wird auf dem Niveau des Grunddatenbestands migriert, so ist für die Rückrechnung über die Ebene der Objektarten hinaus eine weitere Differenzierung in folgenden Fällen erforderlich:

   FKT 1700 Industrie und Gewerbe sowie FKT 4400 Grünanlage
   und übergangsweise
   FKT 1400 Handel und Dienstleistungen, FKT 2500 Versorgungsanlagen und
   FKT 2600 Entsorgung.

2. Ist die Erfassungstiefe auf der Ebene der 10er-Schlüssel erfolgt, wird die Migration ein deutlich differenzierteres Ergebnis erzielen können. Für die Rückrechnung sollte das bisherige Informationsniveau möglichst beibehalten werden. Für einige Nutzungsarten (230, 290, 580, 590, 910 und 920) gibt es keine eindeutige Zuweisung zu Objektarten. Hier stellt sich die Frage der Nacherfassung oder einer pauschalen Annahme. Die Entscheidung muss unter Berücksichtigung länderspezifischer Gegebenheiten getroffen werden.

3. Ist die Erfassungstiefe auf der Ebene der 1er-Schlüssel erfolgt und wird unter Ausschöpfung aller Abbildungsmöglichkeiten des ALKIS®-Objektartenkatalogs migriert, geschieht die Rückrechnung auf der Ebene der 10er-Schlüssel.

5 Besonderheiten bei der Erhebung der tatsächlichen Bodennutzung

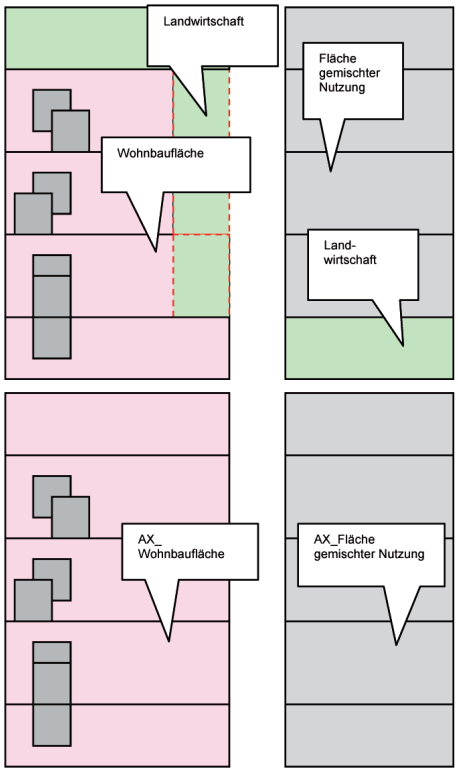
5.1 Erfassungsuntergrenzen

Die Erfassungsuntergrenzen beschreiben die Grenzwerte, ab denen eine örtlich vorherrschende Bodennutzung als selbständige Nutzungsartenfläche erhoben wird.

Die einzelnen Werte für die Erfassungsuntergrenzen unterscheiden sich nach der Wichtigkeit der betreffenden tatsächlichen Bodennutzung und nach dem Rang in der Gliederung des Nutungsartenkataloges, also danach, ob ein Wechsel in der tatsächlichen Bodennutzung zwischen zwei verschiedenen Nutzungsartengruppen oder zwei verschiedenen Nutzungsarten innerhalb der gleichen Nutzungsartengruppe vorliegt.

Im Liegenschaftskataster liegen die Erfassungsuntergrenzen in den Bundesländern in Abhängigkeit von der Nutzungsart zwischen 1 m² und 300 m².

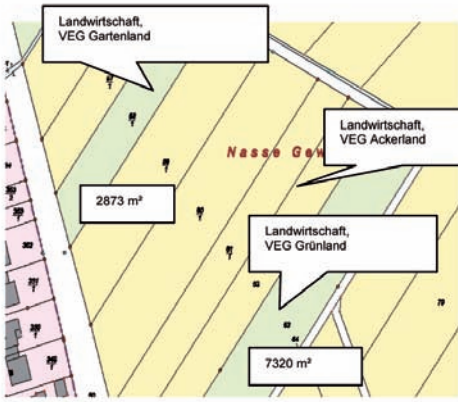
Diese sind aus Sicht von ATKIS® zu gering und sollten mindestens auf 1 000 m² angehoben werden, um die angestrebte Synergie, die tatsächliche Bodennutzung nur von einer Stelle zu erheben und die neu gewonnenen Informationen an die jeweils andere Stelle abzugeben, zu erreichen.



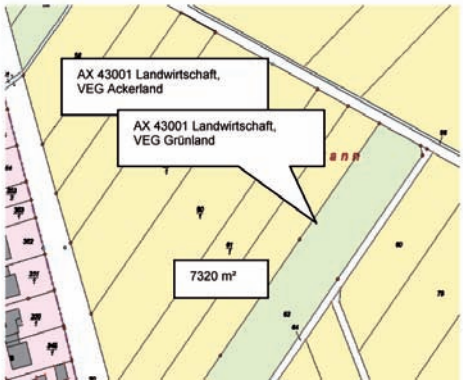
Vor ALKIS

Unter ALKIS
Die Erfassungsuntergrenze der Nutzungsartengruppe „Landwirtschaft" zu anderen Nutzungsartengruppen von 0,25 ha ist unterschritten.

Abb. 4: Beispiel 1 für die Anwendung der Erfassungsuntergrenze für Nutzungsartengruppen (Quelle: HLBG 2009)



Vor ALKIS



Unter ALKIS
Die Erfassungsuntergrenze für Nutzungsarten innerhalb der Nutzungsartengruppe „Landwirtschaft" von 0,5 ha ist in dem einen Fall unterschritten, in dem anderen Fall überschritten.

Abb. 5: Beispiel 2 für die Anwendung der Erfassungsuntergrenze für Nutzungsarten (Quelle: HLBG 2009)

5.2 Informationsverlagerung auf das Objekt „Gebäude"

In ALKIS® werden die Informationen, die die Nutzung (Funktion) eines Gebäudes betreffen, im Attribut „Gebäudefunktion" des jeweiligen Objektes „Gebäude" geführt.

Verschiedene Nutzungsartenflächen können deshalb zu einer übergeordneten tatsächlichen Bodennutzung zusammengefasst werden, wenn die bisher in der tatsächlichen Bodennutzung enthaltene Information auf die Gebäudefunktion verlagert wird. Damit entstehen größere Nutzungsartenflächen, was im Hinblick auf die Synergie mit ATKIS® gewünscht ist. Darüber hinaus wird die Fortführung in ALKIS® erleichtert, weil ggf. keine Flächen der tatsächlichen Bodennutzung mehr geändert werden müssen, sondern nur noch die Funktion beim Gebäude.

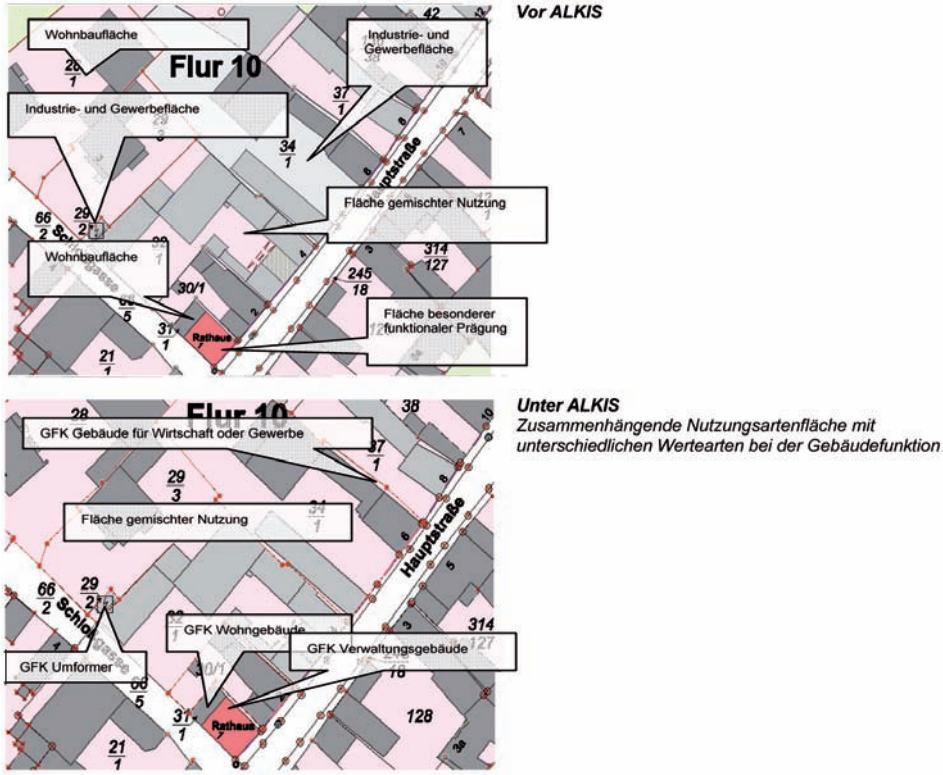


Abb. 6: Beispiel für die Informationsverlagerung von der tatsächlichen Nutzung auf die Gebäudefunktion (Quelle: HLBG 2009)

5.3 Tatsächliche Bodennutzung bei neu gebauten Straßen

Im Rahmen der Spitzenaktualisierung wird spätestens drei Monate nach Freigabe für den Straßenverkehr in ATKIS® eine neu gebaute Straße erhoben. Sobald die Lage der neuen Straße (z. B. eine Umgehungsstraße) in ATKIS® vorliegt, wird die linienförmige Straßenachse nach ALKIS® in die Objektart „Klassifizierung nach Straßenrecht" übernommen. Mit der gesetzlichen Klassifizierung der Straße liegt die Information über die neue Straße und ihren Verlauf ganz aktuell im Liegenschaftskataster vor.

Mithilfe der von ATKIS® gelieferten Straßenbreite wird in ALKIS® beiderseits der linienförmigen gesetzlichen Klassifizierung „Straße" ohne Rücksicht auf den vorhandenen Flurstücksbestand die tatsächliche Bodennutzung „Straßenverkehr" als flächenförmiges Objekt gebildet.

Erst mit Übernahme der betreffenden Straßenschlussvermessung in das Liegenschaftskataster wird die tatsächliche Bodennutzung „Straßenverkehr“ an den Flurstücksbestand angepasst.

Gleiches gilt auch für Flurbereinigungsverfahren. Auch hier kann das neue Wege- und Gewässernetz bereits unmittelbar nach örtlicher Fertigstellung – unabhängig von der rechtlichen Flurstückssituation – aufgemessen und als tatsächliche Bodennutzung in ALKIS® geführt werden.

6 Fazit

Durch die Umsetzung des ALKIS®-Konzeptes wird die amtliche Flächenstatistik in ihrer bisherigen Struktur auf Dauer nicht mehr fortgesetzt werden können. Das Modell eröffnet aber auch für die amtliche Statistik Vorteile, die sich allein schon auf der Ebene der geringsten Erfassungstiefe durch einen deutlichen Informationszuwachs des ALKIS®-Grunddatenbestandes gegenüber dem korrespondierenden Mindestveröffentlichungsprogramm ergibt.

Auch aufgrund dessen, das die Bundesländer vom ALKIS®-Grunddatenbestand abweichend stärker differenzieren können, bedarf es weiterhin einer intensiven Kommunikation zwischen den Statistikbehörden und den Vermessungsverwaltungen.

7 Literatur

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (1991): Verzeichnis der flächenbezogenen Nutzungsarten im Liegenschaftskataster und ihre Begriffsbestimmungen.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2003): Konzept für die Umstellung der Flächenerhebung nach dem Agrarstatistikgesetz auf der Grundlage der Modellierung der tatsächlichen Bodennutzung unter ALKIS®.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2007): Verzeichnis der flächenbezogenen Nutzungsarten im Liegenschaftskataster und ihre Begriffsbestimmungen.

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2009): Erläuterungen zu ALKIS® Version 6.

Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) (2009): Arbeitsrichtlinie Führung der tatsächlichen Nutzung (Entwurf vom 02.11.2009).

Potenziale und Probleme des ATKIS Basis-DLM im Flächennutzungsmonitoring

Tobias Krüger

Zusammenfassung

Das ATKIS-Basis-DLM der Vermessungsverwaltungen der Bundesländer dient einer Vielzahl von Anwendungen als Grundlage. Neben seiner Funktion als Basis zur Herstellung topographischer Karten bietet es die Möglichkeit, geographisch verortbare Sachverhalte zu analysieren und Rückschlüsse auf deren räumliche Verteilungsmuster zu ziehen.

Durch seine einheitlich definierte Modellstruktur bietet sich das Basis-DLM auch zur GIS-gestützten Flächenerhebung, d. h. zur flächendeckenden Quantifizierung der Flächeninanspruchnahme durch verschiedene Nutzungsarten, an. Die Daten zeichnen sich durch gesetzlich gesicherte Fortführungszyklen und eine zunehmende Aktualität aus und bieten damit gute Voraussetzungen für die Verwendung im Flächenmonitoring.

ATKIS-Daten der Version 3.2 sehen ausdrücklich die Möglichkeit der gegenseitigen Überlagerung bestimmter Grundflächenarten vor (AdV 2003, 3). Die Herausforderung, die sich daraus ergibt, besteht darin, die Informationen des Basis-DLM zu einem konsistenten Modell im Sinne einer lückenlosen und redundanzfreien Beschreibung der Erdoberfläche zu verarbeiten. Dies erfordert, zunächst die Relevanz der Objektarten bzgl. der Flächennutzung zu definieren und daraus eine Priorisierung abzuleiten, um Doppelbilanzierungen bei der Flächenerhebung sich überlagernder Objekte zu vermeiden. Die neue Version 6.0 der ATKIS-Modellierungsvorschriften sieht von vornherein vor, die „Erdoberfläche lückenlos und überschneidungsfrei“ durch Objekte des Objektartenbereichs Tatsächliche Nutzung abzubilden (AdV 2008b, 40).

Der Beitrag beschreibt die Nutzung von ATKIS-Daten (Version 3.2) zur Flächenerhebung im Rahmen des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor). Dabei wird insbesondere auf die Flächenwirkung von linienhaft modellierten Objekten (Verkehrswege, Wasserläufe) hingewiesen und deren GIS-technische Verarbeitung durch Pufferung beschrieben.

1 Einführung

Aussagen über die Flächeninanspruchnahme durch verschiedenste Nutzungsarten nehmen in der amtlichen Flächenstatistik einen wichtigen Platz ein, wobei der tägliche Flächenzuwachs für Siedlung und Verkehr (SuV) seit Jahren bei ca. 100 ha liegt (s. Abb. 1). Um das politische Ziel zu erreichen, die tägliche Flächeninanspruchnahme bis 2020 auf

30 ha pro Tag zu begrenzen, ist die genaue Beobachtung, Quantifizierung und das Monitoring der Flächennutzung nötig.

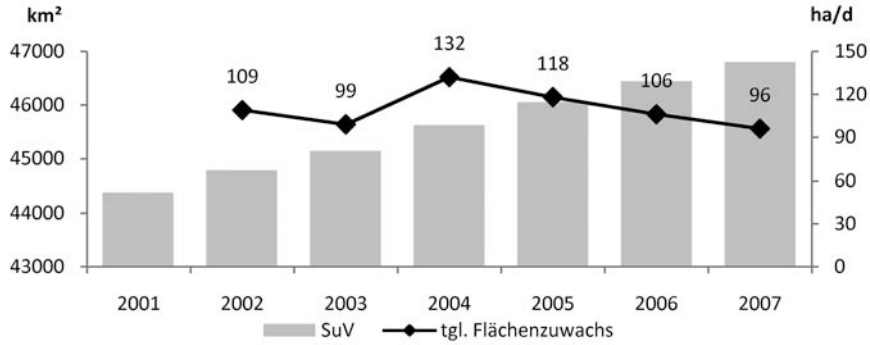


Abb. 1: SuV in Deutschland und täglicher Flächenzuwachs (Daten: UBA)

Die amtliche Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, die aus dem Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) abgeleitet wird, erfolgt per Stichtag 31.12. des jeweiligen Bezugsjahres in vierjährlichem Abstand, wobei seit 2001 ergänzend die SuV als wichtigster Indikator jährlich fortgeschrieben wird (DESTATIS 2010).

Alternativ können Flächenbilanzen auch aus geographischen Informationen erhoben werden. Geobasisdaten werden im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung seit geraumer Zeit zur Bearbeitung verschiedener Fragestellungen im Zusammenhang mit der Flächennutzung bzw. Flächenbewertung herangezogen, z. B. zu Fragen der Bodenversiegelung (Bräuer 2008; Meinel, Hernig 2006), zur Landschaftszerschneidung (Schumacher, Walz 2006; Walz 1998), zur Evaluierung der Ökoeffizienz von Siedlungsstrukturen oder bei der Bewertung ökologischer Kenngrößen von Überschwemmungsgebieten (Thinh et al. 2007; Thinh, Vogel 2006).

2 Gebietseinheiten zur Flächenerhebung

Das Basis-DLM erlaubt die Berechnung von Kennzahlen für jede beliebige Untersuchungsfläche, was die Betrachtung unterschiedlichster Gebietseinheiten erlaubt. Das betrifft neben administrativen auch andere Gebietseinheiten, wie Raumordnungsregionen, naturräumliche Abgrenzungen (Großlandschaften), Flusseinzugsgebiete, Überschwemmungsgebiete oder auch geographische Raster.

Am IÖR wird für Forschungszwecke ein Datensatz fortgeschrieben, der auf Grundlage der ATKIS-Geometrien die Verwaltungsgrenzen der Gemeinden, Kreise (inkl. gemeindefreier Gebiete und kreisfreier Städte) und Bundesländer ausweist (Schumacher 2009, 61 f.). Dabei werden die jährlichen Gebietsstandsänderungen im Erfassungsmaßstab

des Basis-DLM erfasst. Dieser Datensatz ist neben geographischen Rastern eine Grundlage der Flächenerhebung im Rahmen des IÖR-Monitors, d. h. die Indikatoren werden sowohl für Rasterzellen als auch auf Grundlage dieser Geometrie für Gemeinden (und gemeindefreie Gebiete), Kreise und kreisfreie Städte, Bundesländer und für das gesamte Bundesgebiet berechnet.

Durch die unterschiedlichen Größenklassen von Gemeinden (Dörfer, Klein-, Mittel-, Großstädte) ist die Vergleichbarkeit von Indikatorwerten auf Gemeindeebene eingeschränkt. Mögliche intrakommunale Gliederungen sind Gemarkungen, die als deutschlandweiter Geometriedatensatz im Rahmen einer Diplomarbeit am IÖR aufbereitet wurden und mit Bezugsjahr 2006 zur Verfügung stehen. Allerdings ist auch bei Gemarkungen die Vergleichbarkeit der Einheiten bzgl. Größe und Struktur nicht zwingend gewährleistet (Bretschneider 2009).

Eine objektive Gliederung in Teilflächen, die unabhängig von willkürlichen Grenzziehungen ist, stellen Raster mit konstanter Gitterweite dar. Problematisch bei deren Verwendung ist der fehlende Bezug zu realen Abgrenzungen von Flächennutzungen. Jedoch bieten einzig Raster bei Beibehaltung der Rastergeometrien die Möglichkeit, konsistente Zeitreihen für ein Monitoring aufzubauen. Daher werden die Indikatoren des IÖR-Monitors auch auf Rasterbasis berechnet, wobei Gitterweiten von 100 m, 250 m, 500 m und 1 000 m verwendet werden. Außerhalb Deutschlands werden amtliche Statistiken häufig (derzeit in elf europäischen Länder, s. Beitrag Kaminger in diesem Band) zusätzlich auf Rasterebene geführt, beispielsweise wird in Österreich seit Jahren eine amtliche Regionalstatistik auch auf Rasterbasis angeboten (Wonka 2009).

Tabelle 1 bietet eine Übersicht möglicher Raumgliederungen Deutschlands einschließlich der entsprechenden Anzahl der Elemente. Raumgliederungen unterschiedlicher Hierarchiestufen inkl. 1 000-m-Raster sind in Abbildung 2 dargestellt.

Tab. 1: Mögliche Raumgliederungen für Flächenerhebungen

Administrativ (Anzahl 2008)		Geometrisch		Sonstige
Bund	1	Raster 1 000 m	361 689	Flusseinzugsgebiete
Bundesländer	16	Raster 500 m	1 439 218	Überschwemmungsgebiete
[Raumordnungsregionen]	96	Raster 250 m	5 718 851	Postleitzahlgebiete
Kreise, kreisfreie Städte	413	Raster 100 m	35 803 030	Statistische Bezirke
Gemeinden*	12 460			…
[Gemarkungen]	ca. 43 300			

* inkl. gemeindefreier Gebiete

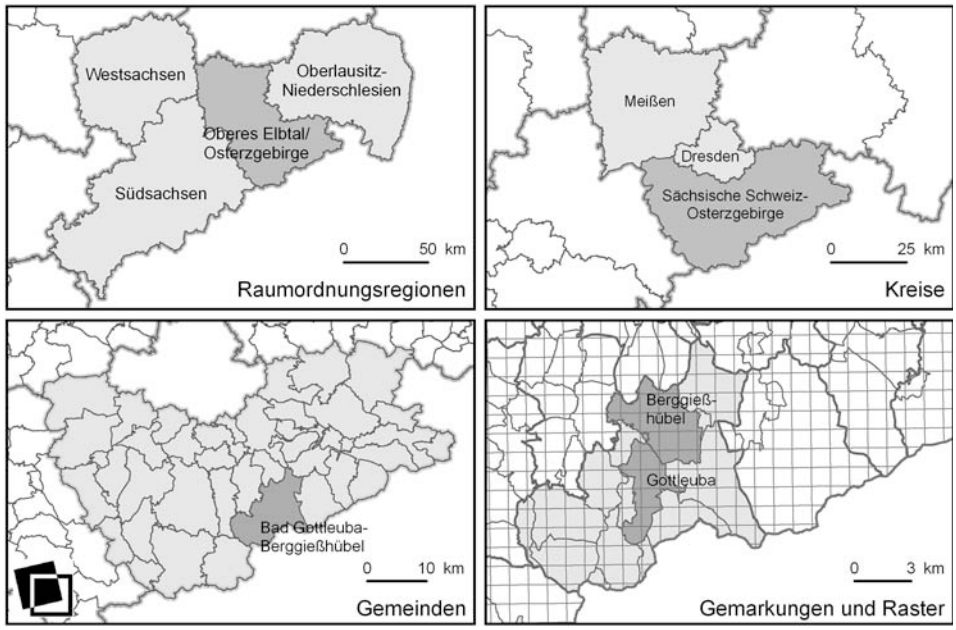


Abb. 2: Raumgliederungen in Sachsen, Stand 2008 (Quelle: ATKIS, BBSR, IÖR)

3 Nutzung von ATKIS-Daten zur Flächenerhebung

Mit dem ATKIS-Basis-DLM liegt ein deutschlandweiter amtlich autorisierter und im Aufbau genau dokumentierter Geobasisdatensatz vor, der die Erdoberfläche und die ober- und unterirdischen Objekte beschreibt. Die Daten sind im Rahmen der Modellgenauigkeit lagetreu und vollständig. Sie erfüllen damit die wesentlichen Voraussetzungen für ein deutschlandweites Flächenmonitoring (Schumacher 2009, 48 ff.). Derzeit erfolgt in den Bundesländern die Migration von ATKIS ins AAA-Modell, wobei der grundsätzliche Charakter der ATKIS-Komponente (hierarchischer Aufbau des Objektartenkatalogs, flächendeckende Beschreibung der Erdoberfläche durch Grundflächenarten usw.) erhalten bleibt (AdV 2008a,b). Das Basis-DLM kann daher als geeignete Datengrundlage zum Flächenmonitoring in Deutschland angesehen werden (Meinel 2009, 181), auch weil es im Vergleich zum geometrisch genaueren ALKIS, das zukünftig der amtlichen Flächennutzungsstatistik zugrundeliegen wird, durch die Fortführung im Rahmen der Spitzenaktualisierung schneller fortgeschrieben wird (Beitrag Schauer in diesem Band, Kap. 5.3).

3.1 Vorüberlegungen

Vor der Umsetzung von Flächenerhebungen mit ATKIS ist zu klären, welche Nutzungen aus den Daten abgeleitet werden können. Der Objektartenkatalog der Version 3.2 unterscheidet sieben Objektbereiche. In Anlehnung an die amtliche Flächenstatistik er-

scheinen dabei für siedlungsrelevante Flächenauswertungen die Objektbereiche 2000 (Siedlung) und 3000 (Verkehr), für Flächenbilanzen im Freiraum die Objektbereiche 4000 (Vegetation) und 5000 (Gewässer) relevant. Zur Abgrenzung von administrativen Gebietseinheiten dienen Objekte des Objektbereichs 7000 (Gebiete). Die Objektbereiche Präsentation (1000) und Relief (6000) spielen hier keine Rolle.

Das Modellierungsprinzip von ATKIS sieht vor, die durch das topologische Netz von Verkehrswegen und Gewässern gebildeten Maschen durch flächenförmige Objekte zu belegen, um die Erdoberfläche mit sog. Grundflächenarten vollständig und eindeutig zu beschreiben. Da eine redundanz- und überlagerungsfreie Modellierung der Erdoberfläche jedoch nicht immer möglich ist, sind bestimmte Überlagerungen von Grundflächen gestattet. Hinzu kommen noch zahlreiche Kombinationen mit Objektarten von Überlagerungsflächen (AdV 2003). Die vielfältigen Möglichkeiten der gegenseitigen Überlagerung von Flächen erfordern die genaue Priorisierung von Objektarten und deren Zuordnung zu Nutzungskategorien, für die eine Flächenerhebung durch Geobasisdaten erfolgen soll.

Das AAA-Datenmodell sieht vor, die Erdoberfläche flächendeckend und überlagerungsfrei durch den Objektartenbereich Tatsächliche Nutzung zu beschreiben (AdV 2008a, b). Dazu gehören die Objektartengruppen 41000 (Siedlung), 42000 (Verkehr), 43000 (Vegetation) und 44000 (Gewässer). Nach Abschluss der ATKIS-Migration werden demnach Grundflächenüberlagerungen ausgeschlossen sein. Dadurch wird die Zuweisung der Objektarten zu Nutzungskategorien vereinfacht, da eine Auflösung der bisher bestehenden Flächenkonkurrenzen nicht mehr nötig sein wird. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Vorgehensweise, die Daten des bisherigen Basis-DLM (ATKIS-Version 3.2) zu verarbeiten.

3.2 Zuweisung von Objektarten zu Flächennutzungen

Für den Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung, der am IÖR entwickelt und aufgebaut wird (Meinel 2009), geht man von einer hierarchischen Flächennutzungsstruktur aus, die sich ausgehend von den drei Hauptkategorien Siedlung, Verkehr und Freiraum weiter untergliedert. Dabei wird eine Fläche immer eindeutig einer dieser Kategorien zugewiesen.

Ausgehend von den in ATKIS definierten Objektarten und den sich daraus ergebenden Flächennutzungen wird ein Flächennutzungsschema definiert, wobei jeder Nutzungskategorie eine oder mehrere ATKIS-Objektarten zugeordnet werden. Teilweise erfolgt die Zuweisung von Objekten zu Nutzungsklassen auch durch die Ausprägung von Attributen; z. B. werden Schienenwege, die als stillgelegt attribuiert sind, nicht in die Bilanzierung des Eisenbahnnetzes einbezogen. Nach der Bilanzierung der Flächen einer Nutzungskategorie werden in einem weiteren Schritt Indikatoren abgeleitet, z. B. durch Berechnung von Flächenanteilen.

Abb. 3: Flächennutzungsarten im IÖR-Monitor und zugrundeliegende ATKIS-Objektarten (Quelle: IÖR/AdV 2003)

3.3 Datenaktualität

Die zyklische Fortschreibung und die länderweise unterschiedliche Größe der Aktualisierungseinheiten (Blattschnitte) der ATKIS-Daten hat eine Inhomogenität im jeweils als aktuell geltenden Gesamtdatenbestand des Basis-DLM zur Folge. Die meisten ATKIS-Objekte fallen unter den fünfjährlichen Zyklus der Grundaktualität, während ausgewählte Objektarten bzw. Attribute von Objekten der drei-, sechs- bzw. zwölfmonatigen Spitzenaktualität unterliegen (z. B. Straße, Straßenkörper, Schienenbahn, Verwaltungseinheit). Bundesweit ist eine stetige Verbesserung der Grundaktualität des Basis-DLM zu verzeichnen, was in einer höheren Aktualität der Indikatorwerte neuer Zeitschnitte resultieren wird.

Zur Interpretation von Indikatoren, die aus ATKIS-Daten abgeleitet wurden, ist daher die Kenntnis der Aktualität entscheidend, da ohne diese Information deren Aussagekraft und multitemporale Vergleichbarkeit eingeschränkt ist. Zur Indizierung der Gebietseinheiten mit Aktualitätswerten wird beim IÖR-Monitor für jede Gebietsgeometrie

eine mittlere Grundaktualität errechnet. Dafür ist innerhalb jeder Gebietseinheit (Kreise, Gemeinden, Rasterzellen usw.) die Grundaktualität entsprechend dem gewichteten Flächenanteil der beteiligten Blattschnitte zu ermitteln. Dabei kann es vorkommen, dass für über- und untergeordnete Gebietseinheiten unterschiedliche Aktualitätswerte auftreten (s. Abb. 4).

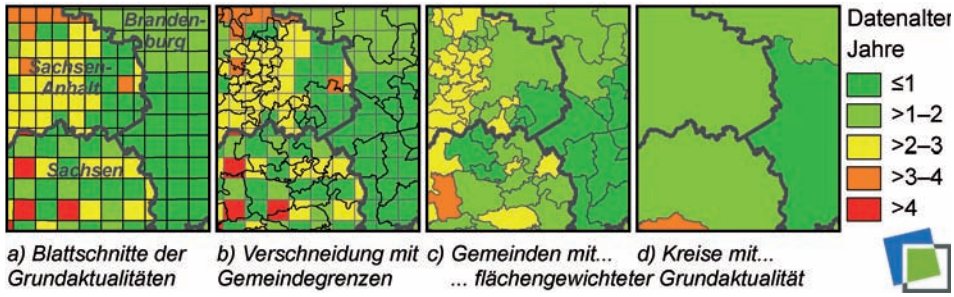


Abb. 4: Mittlere Grundaktualität von Gebietseinheiten (Daten: BKG/ATKIS)

4 Durchführung der Flächenerhebung

Die Auswertung von flächenförmig modellierten Objekten ist zunächst trivial und besteht in erster Näherung in einem Aufsummieren der beteiligten Polygone, da hier die Flächengröße unmittelbar durch die Geometrie gegeben ist. Ausgewertet werden hier v. a. die Grundflächenarten, teilweise auch Überlagerungsflächen (Abb. 3). In einigen Fällen werden zusätzlich zur Objektart weitere Attribute ausgewertet, um Flächen einer Kategorie zuzuordnen. So gehört die Objektart Besondere funktionale Prägung (2114) normalerweise zur bebauten Fläche, es sei denn, es handelt sich um eine Wochenend- und Ferienhausbebauung (Attribut FKT). In diesem Fall wird aus Kompatibilitätsgründen zum AAA-konformen ATKIS (Version 6.0), wo diese Art der Flächennutzung der Objektart Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche (41008) zugerechnet wird, das Polygon der Siedlungsfreifläche zugerechnet.

Flächenhafte Objekte haben eine zu große Ausdehnung, wenn sie durch Verkehrswege- oder Gewässerachsen begrenzt werden und können aus diesem Grund nicht unmittelbar in die Flächenberechnung einbezogen werden. Daher ist es notwendig, zunächst die flächenrelevanten Linienobjekte anhand definierter Regeln durch Pufferung in Flächen zu überführen und anschließend geometrisch mit den flächigen Objekten zu verschneiden, um diese auf ihre tatsächliche (Netto-) Größe zu verkleinern. Von hoher Bedeutung ist hierbei die Auswahl der zu puffernden Linienobjekte und der Wertebasis, auf deren Grundlage die Pufferweite bestimmt wird.

Punkthaft modellierte Objekte werden aufgrund ihrer geringen Ausdehnung als unwesentlich erachtet und nicht ausgewertet.

4.1 Pufferung von Linienobjekten

Für die Flächenerhebung des IÖR-Monitors sind ATKIS-Linienobjekte aus den Nutzungskategorien Verkehr (Straßen, Eisenbahnlinien) und Freiraum (Fließgewässer) zu puffern, die in Summe große Flächenanteile besitzen.

4.1.1 Verkehrswegenetz

Zur Fläche des Verkehrswegenetzes tragen mehrere Objektarten bei (AdV 2003). Im Basis-DLM existieren zur Darstellung des Straßenverkehrsnetzes die Objektarten Straße (3101), Straßenkörper (3105) und Fahrbahn (3106), für den Schienenverkehr die Objektarten Schienenbahn (3201), Bahnkörper (3204) und Bahnstrecke (3205).

Mehrspurige Straßen wie Autobahnen werden als Komplexobjekte, bestehend aus Straßenkörper und zugeordneten Fahrbahnen, modelliert, wobei letztere als relevant für die eigentliche Straßenfläche gelten können. Demnach müssen zur Gesamtbilanz der Straßenflächen alle Objekte der Objektarten 3101 und 3106 entsprechend ihrer Breite gepuffert werden. Beide Objektarten tragen das Attribut BRF (Breite der Fahrbahn), das die tatsächliche Straßenbreite in Dezimetern ausweist.

Eine Analyse des Basis-DLM (Datenstand 2006) bzgl. der Vergabe des BRF-Attributs erbrachte Folgendes: In den Bundesländern erfolgt die Vergabe abhängig von der Straßenkategorie (Widmung, Attribut WDM), wobei Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen überall vollständig oder zu einem hohen Prozentsatz erfasst sind.

Gemeinde- und sonstige Straßen weisen dagegen große Unterschiede auf: Während das Attribut BRF in Sachsen-Anhalt und im Saarland vollständig vergeben ist, bewegt sich der Vergabeanteil in den Ländern Brandenburg, Berlin, Bayern, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Thüringen zwischen 18 % und 28,6 %. In Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen, Bremen, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein wird das Attribut nicht oder fast nicht vergeben (≤ 1,1 %).

Da Gemeindestraßen mit mehr als 400 000 km Länge den größten Anteil am Gesamtfahrbahnnetz (ca. 725 000 km) haben, ergibt sich ein BRF-Vergabeanteil von 45 % aller Straßen- und Fahrbahnkilometer in Deutschland. Für die verbleibenden 55 % kann die Pufferung auf Grundlage der individuellen Straßenbreiten nicht durchgeführt werden. Daher müssen Standardstraßenbreiten definiert werden, die für die Straßen mit undefinierter Breite an Stelle des BRF-Attributs zu verwenden sind. Mit den vorliegenden Daten können mittlere Straßenbreiten in Abhängigkeit von der Straßenwidmung und der Anzahl der Fahrstreifen (Attribut FSZ) errechnet werden. Da Fahrbahnobjekte das Attribut WDM nicht führen, wird dieses zunächst durch Relation zum übergeordneten Straßenkörper (OBA 3105) ermittelt.

An innerörtlichen Straßen wird das Vorhandensein von Gehwegen angenommen, sofern es sich nicht um Fußgängerzonen handelt (Attribut FKT). Aufgrund stichprobenhafter Luftbildauswertungen in Gebieten unterschiedlicher Bebauungsstruktur wurden Standardwerte festgelegt, die in einem selbstdefinierten Attribut (GWG) für die betreffenden Straßenabschnitte gespeichert werden. Die Trennung in inner- und außerörtliche Straßen wird hier durch die Verschneidung mit der Ortslage (Objektart 2101) realisiert.

Die Breite des Puffers, der auf den Mittelachsen der Straßen- bzw. Fahrbahnobjekte liegt, setzt sich damit aus der Straßen- und Gehwegbreite zusammen. Da beidseitig zu puffern ist, beträgt die Pufferbreite die Hälfte der Gesamtstraßenbreite. Abbildung 5 zeigt schematisch den Ablauf der Verarbeitungsschritte zur Straßen- und Fahrbahnpufferung.

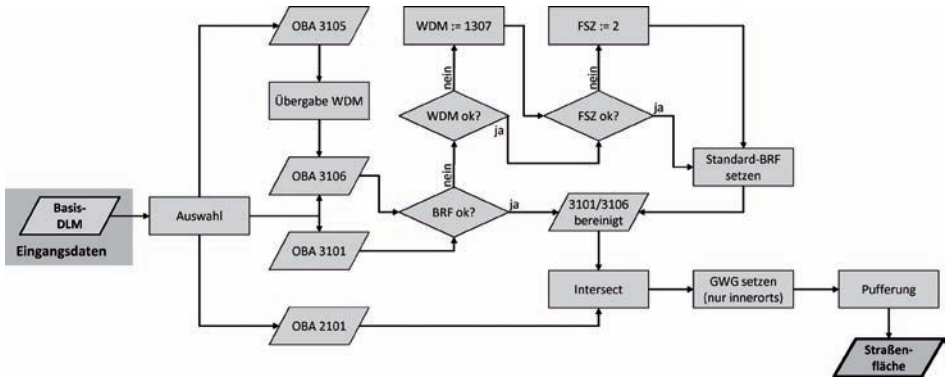


Abb. 5: Ablaufschema zur Straßenpufferung

Die Flächeninanspruchnahme durch Schienenwege wird analog zur Straßenfläche bestimmt, wobei hier das Attribut BRV (Breite des Verkehrsweges) verwendet wird. Dieses gibt im Unterschied zu BRF nicht die tatsächliche Breite an, sondern bezeichnet Intervallklassen, innerhalb derer sich die Breite des Schienenwegs befindet. Für die linienhaften Objektarten 3201 (Schienenbahn) und 3204 (Bahnkörper) ist das Attribut nahezu vollständig vergeben und fehlt nur auf einer Strecke von zwei Prozent des Gesamtschienennetzes. In diesen Fällen wird ohne Rücksichtnahme auf Ein- oder Zweigleisigkeit der Anlage ein Standardwert für die Pufferung eingesetzt.

Die Pufferung mit dem BRV-Attribut ist aufgrund der Klassenbildung weniger präzise. Der zu erwartende Fehler kann aber im Vergleich zur Fläche des Straßennetzes aufgrund der geringeren Gesamtlänge des Schienennetzes (ca. 44 000 km) als relativ klein angenommen werden. Schienenbahnen außer Betrieb (Attribut ZUS) bleiben bei der Pufferung unberücksichtigt, da stillgelegte Streckenabschnitte nicht als aktiv genutzte Verkehrsfläche und aufgrund des oft zu beobachtenden schnell voranschreitenden Bewuchses auch nicht als versiegelte Fläche angesehen werden.

4.1.2 Gewässernetz

„Gewässer (Wasserläufe und Kanäle)“ bis zu einer Breite von weniger als 12 m werden im Basis-DLM linienhaft auf ihrer Gewässerachse modelliert, wobei die Breite analog zu Schienenverkehrsobjekten durch ein klassifizierendes Attribut BRG (Breite des Gewässers) angegeben und auch vollständig erfasst wird. Für eine Linienpufferung kommen nur oberirdisch verlaufende und ständig wasserführende Gewässer in Betracht, was durch die Attribute OFL und HYD zu ermitteln ist. Die Gewässerfläche, die sich durch Pufferung linienhaft modellierter Gewässser für das gesamte Bundesgebiet ergibt, beträgt ca. 1 000 km² (Datenstand 2008), was einem Anteil von ca. 0,3 % der Fläche Deutschlands entspricht.

4.2 Flächenbestimmung der Nutzungskategorien

Aufgrund des Prinzips der Überlagerungsfreiheit von Siedlung, Verkehr und Freiraum werden die ATKIS-Objekte nicht unmittelbar zur Flächenberechnung herangezogen. Insbesondere die gepufferten Verkehrs- und Gewässerachsen können, da beispielsweise bebaute Flächen stets bis zur Straßenachse erfasst sind, alle anderen Objekte überlagern. Daher müssen zunächst alle Gewässer- und Verkehrsflächen mit den Geometrien der anderen Objektarten verschnitten werden, um Überlagerungsflächen zu eliminieren.

Dies gilt für Teilflächen sowohl im Siedlungs- als auch im Freiraum. Während die Gesamtfläche des Siedlungsraumes additiv durch Vereinigung aller Teilsiedlungsflächen (Bebaute Fläche und Siedlungsfreifläche) entsteht, wird die Gesamtfreiraumfläche subtraktiv als Restfläche der Verschneidung der vereinigten Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) mit der Gebietsfläche erzeugt.

Die Verkehrsfläche selbst ist das Ergebnis der Verschmelzung aller flächenhaften Verkehrsflächenarten mit den gepufferten Straßen- und Schienennetzen. Die Gewässerfläche, welche selbst Bestandteil des Freiraums ist, besteht analog dazu aus flächigen Gewässern und den Flächen der gepufferten Gewässerlinien. Bei gegenseitiger Überlagerung von Gewässern mit Verkehrsflächen liegt die Priorität beim Verkehr. Eine Ausnahme bilden hier die Objekte der Objektart Hafenbecken (3402), die aus den Häfen (3 401) und damit aus der Schiffsverkehrsfläche ausgeschnitten und der Gewässerfläche zugerechnet werden. Dies folgt aus der Festlegung, dass im IÖR-Monitor alle Gewässerflächen unabhängig von ihrer Nutzung als Teil des Freiraums angesehen werden.

Ein schematischer Ablauf der Flächenberechnung für die Indikatoren ist in Abbildung 6 dargestellt.

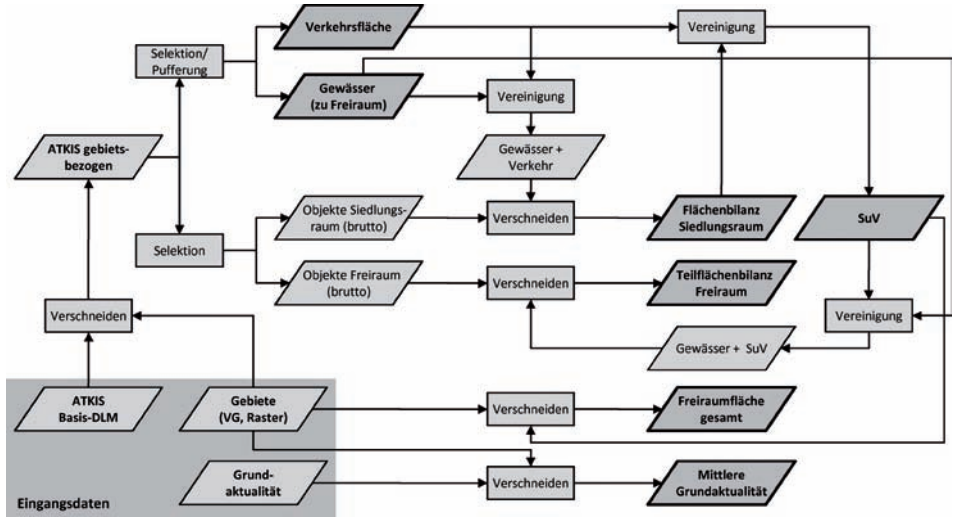


Abb. 6: Vereinfachtes Ablaufschema der Indikatorberechnung

4.3 Kontrolle der Indikatorwerte

Nach Berechnung der Indikatoren werden Gebiete, die extreme Werte aufweisen, genau kontrolliert. Dazu wird mittels der ATKIS-Originaldaten, topographischen Karten und Luftbildern geprüft, ob der errechnete Wert realistisch ist. Fehler können z. B. durch Splitterpolygone hervorgerufen werden, die bei der Verschneidung der ATKIS-Daten mit den Gebietsgrenzen entstehen. Dabei auftretende Effekte betreffen v. a. gemeindefreie Gebiete, an deren Außengrenze kleinste Abschnitte von Polygonen liegen, die eigentlich zur Nachbargemeinde gehören und bei der Verschneidung mit den Gemeindegrenzen geteilt wurden.

Unplausibel erscheinende oder offensichtlich falsche Werte führen zur Kennzeichnung des betreffenden Datensatzes mit einem Fehler- bzw. Hinweiscode eines festgelegten Nummernsystems. Dies hat Auswirkungen auf die Visualisierung im Kartenmodul: Bei Vergabe eines Fehlercodes wird der Wert im Monitor nicht angezeigt bzw. die betroffene Fläche wird schraffiert. Bei Vergabe eines Hinweises wird der Wert um diesen ergänzt, um auf die besonderen Umstände hinzuweisen, die den Wert überdurchschnittlich beeinflussen.

5 Fazit und Ausblick

Im Vergleich zur ALB-basierten amtlichen Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung treten durch die unterschiedlichen Eingangsdaten zur Flächenstatistik auf Basis von ATKIS-Daten zwangsläufig Wertunterschiede auf. Man kann jedoch erwarten, dass

diese in Zukunft geringer werden, da beim Übergang zu ALKIS durch die angestrebten Synergieeffekte der AAA-Modellierung die flurstückszentrierte ALB-Sichtweise einer stärker landschaftsbeschreibenden Modellierung weicht (s. Beitrag Schauer in diesem Band). Dies entspricht der ATKIS-Konzeption der digitalen Landschaftsmodellierung und spricht damit für die Verwendung des Basis-DLM für eine Flächenstatistik Deutschlands, wie sie in diesem Beitrag beschrieben wird.

Derzeit liegen die größten Defizite einer ATKIS-basierten Flächenerhebung in der teilweise unvollständigen Erfassung von Objektarten und Objektattributen. Insbesondere Straßen- bzw. Fahrbahnbreiten von Gemeindestraßen sind unzureichend erfasst und müssen durch stichprobenbasierte Setzungen approximiert werden. Die Angabe von Objektbreiten in Intervallklassen, wie sie beim Schienenverkehr und beim Gewässernetz erfolgt, resultiert zwangsläufig in einer Unschärfe der Pufferung. Hinzu kommt die teilweise in den Bundesländern unterschiedlich gehandhabte Objektartenzuweisung. Dadurch können aktuell z. B. Wohnbauflächen, Flächen gemischter Nutzung und Flächen besonderer funktionaler Prägung bundeslandübergreifend nicht verlässlich vergleichend ausgewertet werden (Schumacher 2009, 53, Abb. 3). Teilweise werden zur Flächencharakterisierung geeignete Attribute nicht erfasst, z. B. kann das Merkmal Streuobst für die Objektarten Ackerland (4101) und Grünland (4102) bislang nur in Baden-Württemberg, Hessen und im Saarland sowie teilweise in Thüringen ausgewertet werden (s. Beitrag Walz, Schumacher in diesem Band).

Während diese Probleme durch Vervollständigung und Aktualisierung in Zukunft gelöst werden können, bleibt v. a. eine strukturelle Schwierigkeit erhalten. Diese besteht in der blattschnittweise erfolgenden Fortführung der Daten, sodass weiterhin mit gebietsbezogenen mittleren Grundaktualitäten gearbeitet werden muss.

ATKIS bietet mit dem Basis-DLM beste Voraussetzungen für ein Flächenmonitoring. Die nachweislich steigende Grundaktualität der Daten trägt wesentlich zu einer erhöhten Verlässlichkeit einer ATKIS-basierten Flächenauswertung bei, die weitgehend automatisiert ablaufen kann. Auch die Verknüpfung von ATKIS-Objekten mit statistischen und anderen Fachdaten ist prinzipiell möglich, was die Ableitung weiterer Indikatoren erlaubt. Durch die Indikatorberechnung auf Rasterzellen können stabile Zeitreihen mit konstanten Bezugsflächen aufgebaut werden.

6 Literatur

AdV (2003): ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Teil D1. Version 3.2 Stand 01.07.2003. Teilkatalog Basis-DLM. Onlinedokument (Zugriff 13.07.2010): http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/ok_d1.pdf.

AdV (2008a): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesen (GeoInfoDok). ATKIS-Objektartenkatalog Basis-DLM Version 6.0 Stand 11.04.2008. Onlinedokument (Zugriff 12.07.2010): http://www.adv-online.de/icc/extdeu/binarywriterservlet?imgUid.

AdV (2008b): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok). Erläuterungen zum ATKIS Basis-DLM. Version 6.0. Stand: 11.04.2008. Onlinedokument (Zugriff 06.09.2010): http://www.adv-online.de/icc/extdeu/binarywriterservlet?imgUid.

Bräuer, A. (2008): Bestimmung der Bodenversiegelung auf Basis des ATKIS Basis-DLM der Ausbaustufe 3. TU Dresden, Institut für Kartographie, (Diplomarbeit, unveröffentlicht).

Bretschneider, M (2009): Synthese einer deutschlandweiten Geodatenbank aller Ortsteilgeometrien. TU Dresden, Institut für Kartographie (Diplomarbeit, unveröffentlicht).

DESTATIS (2010): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung 2008. Qualitätsbericht. Wiesbaden. Onlinedokument (Zugriff 12.07.2010): http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Qualitaetsberichte/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Flaechenerhebung,property=file.pdf.

Meinel, G.; Hernig, A. (2006): Erhebung der Bodenversiegelung auf Grundlage des ATKIS-Basis-DLM. Möglichkeiten und Grenzen. In: Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation 2006/3, S. 195-204.

Meinel, G. (2009): Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung auf Grundlage von Geobasisdaten. In: Meinel & Schumacher 2009, S. 177-194.

Meinel, G.; Schumacher U. (Hrsg.) (2009): Flächennutzungsmonitoring – Konzepte, Indikatoren, Statistik. Aachen.

Schumacher, U.; Walz, U. (2006): Landschaftszerschneidung in Sachsen – Bewertung von Freiraumstrukturen auf der Basis grenzüberschreitender Geodaten. In: U. Aurada, K. D.; Rödel, R. (Hrsg.): Kooperation und Integration. Beiträge zum 16. Kolloquium Theorie und quantitative Methoden in der Geographie. Greifswalder Geographische Arbeiten 39, S. 39-48.

Schumacher, U. (2009): ATKIS-ALK(IS)-Orthobild – Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings. In: Meinel; Schumacher 2009, S. 47-67.

Thinh, N. X.; Schumacher, U. (2007): Indikatoren zur Charakterisierung der Ökoeffizienz von Siedlungsstrukturen – exemplarische Ergebnisse unter Verwendung verschiedener Geodaten. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2007. Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg, Heidelberg, S. 799-804.

Thinh, N. X.; Vogel, R. (2006): Further development of a methodology for the ecological evaluation of land-use options and application to the Dresden Elbe-Region. In: Tochtermann, K.; Scharl, A. (Hrsg.): EnviroInfo 2006. Managing Environmental Knowledge. Proceedings of the 20th International Conference „Informatics for Environmental Protection", Graz (Austria). Aachen, S. 135-143.

Walz, U. (1998): Landschaftsbewertung mit Hilfe von ATKIS und hochauflösenden Satellitendaten. In: 6. Deutsche ESRI-Anwenderkonferenz, 4.-5. Juni 1998, München, CD-ROM.

Wonka, E. (2009): Regionalstatistik in Österreich auf der räumlichen Bezugsbasis von regionalstatistischen Rastereinheiten. Salzburg. Onlinedokument (Zugriff 12.07.2010): www.oeaw-giscience.org/download/RasterStatistikWonka2A.pdf

Flächenerhebung und -statistik in CORINE Land Cover – Aktuelle Ergebnisse und Programmentwicklung

Manfred Keil, Annekatrin Metz, Michael Bock, Thomas Esch, Simon Nieland, Stefan Feigenspan

Zusammenfassung

Das CORINE Land Cover (CLC)-Klassifizierungssystem hat sich seit Anfang 1990 für die Erfassung von Entwicklungen der Landbedeckung und Landnutzung im europäischen Kontext als Standard etabliert. Weitergehende Land Cover-Produkte im Kontext der GMES-Dienste, basierend auf Satellitendaten, setzen auf dem dreistufigen erweiterungsfähigen System auf. CORINE Land Cover weist sowohl raumplanerische als auch umweltbezogene Kategorien auf.

Seit Februar 2010 ist die dritte Aktualisierung (CLC2006) für Deutschland kostenfrei per Download verfügbar, die am Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-DFD) im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) nach einer mit der Europäischen Umweltagentur (EEA) abgestimmten Methodik erstellt wurde. Die minimalen Kartierungseinheiten betragen 25 ha für neue Flächen und 5 ha bei Veränderungen. Es werden Beispiele von Veränderungen und Trends der Entwicklung zwischen 1990 und 2006 vorgestellt.

Parallel wurde in einer Machbarkeitsstudie für das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) am DFD ein Verfahren erfolgreich getestet, dass sich die wesentlich genauere Geometrie von ATKIS und dem abgeleiteten „Digitalen Landschaftsmodell für Zwecke des Bundes“ (DLM-DE) als Basis einer Aktualisierung mit Satellitendaten zunutze macht. In einer deutschen Initiative wird zurzeit von einem Firmenkonsortium im Auftrag des BKG ein Basis-DLM mit 1 ha Mindesterfassungseinheit zum Referenzjahr 2009 auf Basis von RapidEye-Satellitendaten aktualisiert und die CLC-Klassen abgeleitet. Diese entstehende Datenbasis eines hochauflösenden CORINE Land Cover 2009 wird in Zukunft die Grundlage weiterer Aktualisierungen im deutschen wie auch im europäischen Kontext bilden und das Nutzungspotenzial bei deutschen Anwendern wesentlich erhöhen. Begleitende Arbeiten zur Generalisierung für die europäische Ebene, zur Vergleichbarkeit der Daten sowie zu zukünftigen Veränderungserfassungen werden vorgestellt.

1 Einleitung

Der europäische Integrationsprozess bedingt neben politischen und wirtschaftlichen Prozessen auch die Verfügbarkeit von vergleichbarer Geoinformation als Grundlage für abgestimmte grenzüberschreitende räumliche Planungen und Entscheidungsprozesse. In diesem Zusammenhang hat sich der auf Satellitendaten basierende Datensatz von CORINE Land Cover (CLC) mit seinem harmonisierten Klassenkatalog auf drei Ebenen als Standard etabliert. Der CLC-Klassifizierungsschlüssel mit 44 Klassen auf europäischer Ebene enthält raumplanerische und umweltbezogene Informationen zur Landbedeckung und Landnutzung. Auf dem EU-Level ist die Mindestkartiereinheit 25 ha, für die Erfassung von Änderungsflächen 5 ha. Neben der Ersterfassung von 1990 liegen inzwischen die Aktualisierungen zum Referenzjahr 2000 und in den meisten europäischen Staaten auch zum Referenzjahr 2006 vor.

Im Zusammenhang mit dem Programm „Global Monitoring for Environment and Security“ (GMES), von der EU und der europäischen Raumfahrtagentur ESA initiiert, wird die Entwicklung und der Test von Geo-Informationsdiensten vorangetrieben, so auch im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU (geoland2 2010). Diese Dienste sollen die Datenbasis von CLC ergänzen und verfeinern und die Überwachung, den Schutz und ein nachhaltiges Management unserer Umwelt unterstützen.

Auf deutscher bzw. auch europäischer Ebene hatten sich bereits 2004 Vertreter der Nutzer der CORINE Land Cover-Datenbasis für eine verbesserte räumliche Auflösung der Datenbasis ausgesprochen, die das Nutzungspotenzial der Daten erhöhen würden, neben einigen thematischen Verfeinerungen (UBA 2004, 12, 21-22). In der Vorphase von CORINE Land Cover 2006 (CLC2006) traten das Umweltbundesamt (UBA) als nationale Ansprechstelle für CLC und das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) in eine Diskussion ein, um bestehende Synergien mit dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem ATKIS für CLC zu nutzen. Das BKG entwickelte, in Abstimmung mit dem UBA, ein Konzept zur Ableitung eines hochaufgelösten CLC aus dem Digitalen Landschaftsmodell für die Zwecke des Bundes (DLM-DE) (Arnold, 2009a). Die Aktualisierung auf ein spezifisches Referenzjahr sollte dabei über Satellitendaten erfolgen.

Neben der herkömmlichen Gewinnung der Datenbasis CLC2006 für Deutschland, für die das Umweltbundesamt das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen beauftragte, stellten sich daher folgende Fragen:

- Inwieweit sind die auf unterschiedlichem Wege abgeleiteten CLC-Datensätze vergleichbar?
- Wie kann aus einem hochaufgelösten Datensatz über Generalisierungsansätze ein CLC-Produkt mit EU-Spezifikationen gewonnen werden?
- Welche Implikationen ergeben sich für die Änderungsableitung?

2 Das europaweite Programm CORINE Land Cover

2.1 Projektstruktur

Auf europäischer Ebene ist die Aktualisierung von CORINE Land Cover 2006 als Bestandteil des „Fast Track Service Land“ (FTS-Land) in die Initiativen von GMES („Global Monitoring for Environment and Security“) eingebunden. Im Auftrag der Europäischen Umweltagentur EEA führte das ETC LUSI („European Topic Center for Land Use and Spatial Information“) die europaweite Koordination und technische Unterstützung der CLC-Aktualisierung durch. Für die Bereitstellung der Satellitendatenbasis IMAGE2006 war die ESA verantwortlich. Das deutsche Teilprojekt CLC2006 wurde vom Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) des DLR Oberpfaffenhofen im Auftrag des Umweltbundesamtes als national verantwortliche Einrichtung koordiniert und durchgeführt. Über Ausschreibungsverfahren waren die Firmen EFTAS, GAF AG und Infoterra GmbH eingebunden.

2.2 Datengrundlage

Im Unterschied zu der Aktualisierung von CLC2000 standen für CLC2006 Satellitendaten von zwei Jahreszeiten – vom Sommer und vom Frühjahr der Jahre 2005 bis 2007 – in der Datenbasis IMAGE2006 zur Verfügung. Die zusätzliche Frühjahrsüberdeckung diente der Verbesserung der Differenzierung zwischen Ackerland und Grünland. IMAGE2006, mit einer räumlichen Auflösung von 20 m, besteht aus ortho-rektifizierten Daten von SPOT-4 HRV, SPOT-5 HRV und IRS-P6 LISS-3. Die Referenzdatengrundlage IMAGE2000 für die Änderungsableitung beruht auf Daten von Landsat-7 ETM+. Als Zusatzdaten standen in Deutschland u. a. Daten aus GMES-Projekten zur Verfügung, so Versiegelungsdaten des „Fast Track Service Soil Sealing“, ebenso beruhend auf den Satellitendaten von IMAGE2006 sowie für Teilregionen Daten aus dem Projekt „GMES Forest Monitoring“. Daneben konnten die von EUROSTAT auf Sampling-Basis im Gelände erhobenen Daten zur Landbedeckung/Landnutzung von LUCAS2000 und LUCAS2006 genutzt werden. Im Zuge der Zusammenarbeit mit dem BKG standen ab Februar 2009 auch die Daten des DLM-DE zur Verfügung, zum eingefrorenen Vertriebsstand von Mitte 2007 (aufgenommen 2006 und früher).

2.3 CLC – Nomenklatur und Methodik in Deutschland

Grundlage der Einstufung der Bodenbedeckung und teilweise Landnutzung ist die aus drei Klassifizierungsebenen bestehende Nomenklatur von CORINE Land Cover. Eine Legende der in Deutschland vorkommenden 37 CLC-Klassen in einer standardisierten Farbzuordnung ist in der Abbildung 1 dargestellt.

Abb. 1: Farblegende der CLC-Bodenbedeckungsklassen in Deutschland (Quelle: Keil et al. 2010, 14).

Für die Aktualisierung von CORINE Land Cover in Deutschland wurde sowohl in CLC2000 als auch in CLC2006 die von der EEA empfohlene Methodik der visuellen GIS-gestützten Satellitenbildinterpretation eingesetzt. Bei CLC2000 wurde in Deutschland das Prinzip „Update first" zugrunde gelegt. Dies beinhaltet, dass zunächst der neue Stand von CLC unter Berücksichtigung von 25 ha Mindestkartierfläche (MMU = minimum mapping unit) bei neuen Polygonen und 5 ha MMU bei den Veränderungsflächen abgegrenzt wird und die Veränderungen als direkte Differenz aus CLC1990 und CLC2000 ableitbar sind. Laut den EEA-Empfehlungen zu CLC2006 (Büttner et al 2007) war bei CLC2006 das Prinzip „Change first" einzuhalten, es waren also zunächst Änderungen ab 5 ha abzugrenzen. Auch sogenannte neu entstandene „Inselpolygone" mit einer Fläche zwischen 5 ha und 25 ha waren im Veränderungsdatensatz aufzunehmen, die sich im Datensatz CLC2006 wegen der Untergrenze von 25 ha MMU nicht wiederfinden. Um schon vorhandene Teilflächen im alten Datensatz zusammen mit der Änderungsfläche in die neue Datenbasis von CLC2006 einbeziehen zu können, wurden neben den realen Änderungen auch sogenannte „technische Änderungen" in die Änderungskartierung mit aufgenommen (siehe Keil et al. 2010, 12-17). Die Datenbasis von CLC2006 wurde durch GIS-Verknüpfungen der Ausgangsbasis CLC2000 mit den Änderungsebenen von realen Änderungen, technischen Änderungen und (gegebenenfalls)

Korrekturen gewonnen. Zu kleine Flächen wurden mit Nachbarflächen laut einer von ETC LUSI entwickelten Prioritätentabelle (Keil et al. 2010, 55) zusammengefasst.

3 Ergebnisse der Aktualisierung CLC2006 in Deutschland

3.1 Beispiele der Änderungskartierung von CLC2000 nach CLC2006

Als ein Beispiel der Änderungserfassung seien die CLC-Produkte für die Region Leipzig dargestellt (Abb. 2). Die Änderungen zwischen 2000 und 2006 beziehen sich einmal auf die Ausdehnung urbaner Klassen; hier fällt insbesondere die Erweiterung des Flughafens von Leipzig im Nordwesten und von Gewerbegebieten im Norden auf. Zum anderen aber weisen die CLC-Änderungen im südlichen Drittel der Abbildung auf Umwandlungsprozesse bei der Renaturierung ehemaliger Braunkohletagebaue im Süden von Leipzig hin.

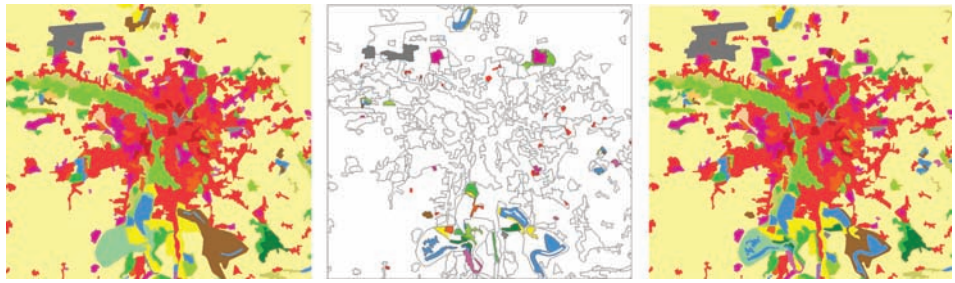


Abb. 2: Ergebnisse der Änderungskartierung 2000/2006, Region Leipzig. Links: CLC2000, Mitte: interpretierte Änderungen, Rechts: abgeleiteter Datensatz CLC2006 (Quelle: Keil et al. 2010, 30, verändert).

Ein weiteres Beispiel für eine stark durch Tagebau gekennzeichnete Landschaft ist die Lausitz. Bei der Aktualisierung von CORINE Land Cover 2000 resultierten gegenüber 1990 für das Kartenblatt Hoyerswerda in der Lausitz die umfangreichsten Änderungen aller TK100-Kartenblätter in Deutschland. Dies war bedingt durch neue Tagebaue und Renaturierungen, aber auch durch Stilllegungen von größeren Truppenübungsplätzen. Insgesamt resultierten Änderungen von 12 % der Kartenblattfläche. Zwischen 2000 und 2006 ging der Prozentsatz der Änderungen auf ca. 4 % der Kartenblattfläche zurück. Hier spielten insbesondere Flutungen ehemaliger Tagebaue, neue Tagebaue und Aufforstungen eine größere Rolle.

Weitere Ergebnisbeispiele aus der Änderungserfassung sind bei Keil et al. (2010, 32-36) zu finden, so für die urbanen Regionen von Hamburg, Berlin und München.

3.2 Trends in der Flächenstatistik von 1990 bis 2006

Die Flächenentwicklung über die Erhebungsjahre 1990, 2000 und 2006 ist für ausgesuchte CLC-Klassen in Tabelle 1 dargestellt. Dabei kann die Entwicklung in den alten Bundesländern (ABL) und in den neuen Bundesländern inklusive Berlin (NBL) verglichen werden, neben den Zahlen für Deutschland in der Gesamtheit.

Der Anteil offener Bebauung stieg zwischen 1990 und 2000 in den neuen Bundesländern schneller als in den alten Bundesländern. Zwischen 2000 und 2006 war bei den ABL der Flächenzuwachs offener Bebauung größer. Bei der CLC-Klasse 121 (Industrie- und Gewerbeflächen, öffentliche Einrichtungen) hat sich der prozentuale Flächenanteil bei ABL und NBL auf etwa 0,93 % eingependelt. Durch Umwandlungen von Tagebauflächen (131) haben sich in den NBL die verbleibenden Flächenanteile mehr dem niedrigeren Anteil der ABL angenähert. Die Flächenentwicklungen innerhalb der Landwirtschaft (211 und 231) weisen darauf hin, dass die verstärkte Umwandlung in Grünland von 1990 bis 2000 im Zeitraum 2000/06 in den alten Bundesländern einem Trend in der Gegenrichtung gewichen ist, wohl im Zusammenhang mit größeren Anbauflächen von Bioenergierohstoffen. Dieser Trend wird auch bei Berücksichtigung der heterogenen landwirtschaftlichen Klassen erhärtet, die hier aus Platzgründen nicht mit aufgeführt sind.

Tab. 1: Entwicklung der Flächenstatistik für ausgesuchte CLC-Klassen, Angaben in % der Bezugsfläche (ABL: Alte Bundesländer, NBL: Neue Bundesländer/Berlin, DE: Deutschland) (Quelle: Keil et al. 2010, verändert und ergänzt)

CLC-Code	CLC-Klasse	ABL 1990	NBL 1990	DE 1990	ABL 2000	NBL 2000	DE 2000	ABL 2006	NBL 2006	DE 2006
112	Offene Bebauung	6,3	5,1	5,9	6,6	5,4	6,2	6,9	5,5	6,4
121	Industrie- und Gewerbeflächen	0,71	0,66	0,70	0,84	0,89	0,68	0,93	0,93	0,93
131	Abbauflächen	0,18	0,69	0,34	0,21	0,47	0,29	0,22	0,40	0,28
211	Ackerland	33,9	50,8	39,0	33,4	49,6	38,3	33,1	48,8	37,9
231	Wiesen u. Weiden	14,4	7,9	12,4	14,4	8,7	12,7	13,8	8,9	12,3
31x	Wälder	29,9	27,3	29,1	29,8	27,4	29,1	29,8	27,6	29,2
324	Wald-Strauch-Übergangsstadien	0,38	0,44	0,40	0,53	0,71	0,58	0,50	0.78	0,59

3.3 Trends bei den Änderungen der Landbedeckung

Die hauptsächlichen Änderungsprozesse in den CLC-Kategorien werden sichtbar, indem die im Änderungsdatensatz CLC-Change ermittelten realen Änderungen zwischen 2000 und 2006 hinsichtlich der dominierenden Änderungspaare gruppiert werden und dabei sukzessive zu dem Anteil an der aus ihnen gebildeten Gesamtänderungsfläche kumuliert werden.

Eine entsprechende Anordnung ist, getrennt für die alten Bundesländer und die neuen Bundesländer inklusive Berlin, in Tabelle 2 dargestellt (zur Anordnung der dominierenden Änderungen für Deutschland gesamt siehe Keil et al. 2010, 42). Bei den ersten fünf Änderungspaaren beziehen sich jeweils zwei auf Änderungen innerhalb der Waldflächen (z. B. 312-324, vgl. Abb. 1). Bei den alten Bundesländern resultieren die weiteren drei Änderungspaare auf urbanen Prozessen. Bei den neuen Bundesländern handelt es sich daneben um Änderungen in der Landwirtschaft bzw. um Änderungen im Zusammenhang mit der Umgestaltung von Abbauflächen.

Tab. 2: Dominierende CLC-Änderungen zwischen 2000 und 2006 für die alten und neuen Bundesländer, sortiert nach Flächenanteilen (Quelle: Keil et al. 2010, 42-43, verändert)

Übergang	Alte Bundesländer			Übergang	Neue Bundesländer und Berlin		
	Fläche (km²)	Anteil (in %)	kumul. (in %)		Fläche (km²)	Anteil (in %)	kumul. (in %)
312->324	186,55	14,80	14,80	231->211	139,32	15,32	15,32
211->112	168,37	13,35	28,15	312->324	73,72	8,10	23,42
324->313	119,64	9,49	37,64	324->312	54,50	5,99	29,41
211->121	62,53	4,96	42,60	333->512	44,04	4,84	34,25
133->112	60,61	4,81	47,41	131->324	40,72	4,48	38,73
324->312	55,34	4,39	51,80	131->512	38,60	4,24	42,98
231->211	52,30	4,15	55,95	333->324	36,75	4,04	47,02
211->131	49,78	3,95	59,89	211->131	34,25	3,77	50,78
242->112	36,53	2,90	62,79	324->313	25,93	2,85	53,63
324->311	35,00	2,78	65,57	211->231	24,55	2,70	56,33
231->112	34,91	2,77	68,34	333->231	22,84	2,51	58,84
211->133	32,38	2,57	70,91	131->333	19,93	2,19	61,03
133->121	27,60	2,19	73,09	324->131	17,83	1,96	62,99
231->242	26,63	2,11	75,21	312->131	16,97	1,87	64,86
313->324	19,96	1,58	76,79	133->112	16,95	1,86	66,72
131->211	19,78	1,57	78,36	333->321	15,85	1,74	68,47
211->142	19,59	1,55	79,91	131->231	15,61	1,72	70,18
211->512	12,35	0,98	80,89	211->133	14,82	1,63	71,81

4 Weiterführende Arbeiten zur Aktualisierung

Parallel zur Ableitung von CORINE Land Cover zum Status 2006 wurde in Kooperation zwischen Umweltbundesamt, dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) und dem DLR-DFD ein neuer Weg der Datenerhebung zu CORINE Land Cover in Deutschland diskutiert und erprobt, der die Basisinformation der Landesvermessung, das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS, als Grundlage nutzt. Zunächst soll ein nationaler hochauflösender Datensatz erzeugt werden, der dann als Basis für die Generierung eines CLC-Datensatzes mit den europaweit gültigen Spezifikationen dienen soll, so im Hinblick auf die in der Diskussion befindlichen Aktualisierung von CORINE Land Cover zum Referenzjahr 2011/2012 auf europäischer Ebene. Damit

verfolgt Deutschland bei der CLC-Aktualisierung einen Weg innerhalb der EU, wie ihn auch andere Staaten, wie z. B. Spanien in einem sogenannten „bottom up approach", eingeschlagen haben (Arozarena et al. 2006). In verschiedenen Studien und Projekten wurde auf diesen Methodenwechsel bei der CLC-Aktualisierung hingearbeitet.

4.1 Ableitung eines hochauflösenden CORINE Land Cover unter Nutzung des ATKIS Basis-DLM und von Satellitendaten

4.1.1 Machbarkeitsstudie zur Ableitung von CLC aus dem DLM-DE

In einer Machbarkeitsstudie für das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) wurde am DFD erfolgreich ein Verfahren getestet, das sich die Geometrie von ATKIS als Basis zunutze macht. Auf bundesdeutscher Ebene geht das ATKIS® Basis-DLM mit seinen flächenbasierten Objekten in das „Digitale Landschaftsmodell für Zwecke des Bundes" (DLM-DE) ein. Das Datenmodell des DLM-DE sieht eine Integration von Geobasisdaten mit Geodaten aus der Fernerkundung zum Zweck der Aktualisierung vor (Arnold 2009a). Zum Teil sind direkte Transformationen von ATKIS-Attributen in den CLC-Code möglich, zum Teil muss der spezifische CLC-Code aus dem jeweiligen Kontext der Landbedeckungssituation im Satellitenbild abgeleitet werden. In der Machbarkeitsstudie wurden für vier Testregionen die Satellitendaten von IMAGE2006 für die Aktualisierung genutzt (Bock et al. 2008).

4.1.2 Initiative des BKG: Erzeugung eines hochauflösenden Datensatzes CLC2009 mittels eines aktualisierten DLM-DE-2009

Basierend auf den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie hat das BKG ein Projekt initiiert, in welchem das Digitale Landschaftsmodell für Zwecke des Bundes (DLM-DE) vorwiegend mittels RapidEye-Satellitendaten, mit einer räumlichen Auflösung besser als 10 m zum Referenzjahr 2009 aktualisiert wird. Ein Firmenkonsortium im Auftrag des BKG nutzt dabei das ATKIS® Basis-DLM, das in Maßstäben zwischen 1:5 000 und 1:25 000 in einer aufbereiteten Form vorliegt. Anstelle der Einzelebenen des Basis-DLM mit den flächenhaften ATKIS-Objektarten, welches überlappende Geometrien erlaubt, stellte das BKG einen abgeleiteten flachen Layer „BDLM_flat" zur Verfügung, der die CLC-relevanten Landbedeckungs- und -nutzungsklassen ohne Überlappungsbereiche enthält. Die Überlappungsinformationen stehen dem Bearbeiter in einem zusätzlichen Informationslayer zur Verfügung (Arnold 2009b). Das Hauptprodukt des aktualisierten DLM-DE-2009 wird ein hoch aufgelöster CORINE Land Cover-Datensatz mit 1 ha Mindesterfassungsgröße sein. Er wird das Nutzungspotenzial bei deutschen Anwendern wesentlich erhöhen.

4.2 Generalisierungsansatz zu einem EU-kompatiblen CLC

4.2.1 Methodischer Ansatz der Generalisierung

Um die hochauflösende CORINE Land Cover-Datengrundlage, beruhend auf dem DLM-DE, zu einem EU-kompatiblen CLC mit der Mindestkartiereinheit 25 ha aufzubereiten, ist eine adäquate Generalisierung notwendig. Diese Generalisierung sollte insbesondere die thematische Verwandtschaft der zu kleinen Polygone mit den infrage kommenden Nachbarpolygonen berücksichtigen und die Generalisierung, wie bei der herkömmlichen Interpretation, nachempfinden.

Bevor die Auswahl und Generalisierung der zu kleinen Objekte erfolgen kann, die im aktualisierten DLM-DE-Datensatz die Mindesterfassungsgröße von 1 ha ausweisen, hat sich aber eine spezielle Vorverarbeitung als notwendig erwiesen: Im DLM-DE-Datensatz befinden sich viele langgestreckte Flächenelemente, z. B. Straßenbegleitgrün oder schmale Grünzonen an Wasserläufen (siehe Abb. 3), die andere, weit voneinander entfernte Grünlandklassen verbinden können und dann über die Nachbarschaftsbeziehungen ungewollte Generalisierungsergebnisse liefern würden. Diese schmalen Polygone müssen identifiziert und vorbehandelt werden. Dafür wurde ein Ansatz der Bestimmung schmaler Polygone nach Bader (1997) gewählt und die identifizierten schmalen Teilstücke dann über einfache Regeln mit lokalen Nachbarn vereinigt (Nieland 2010).

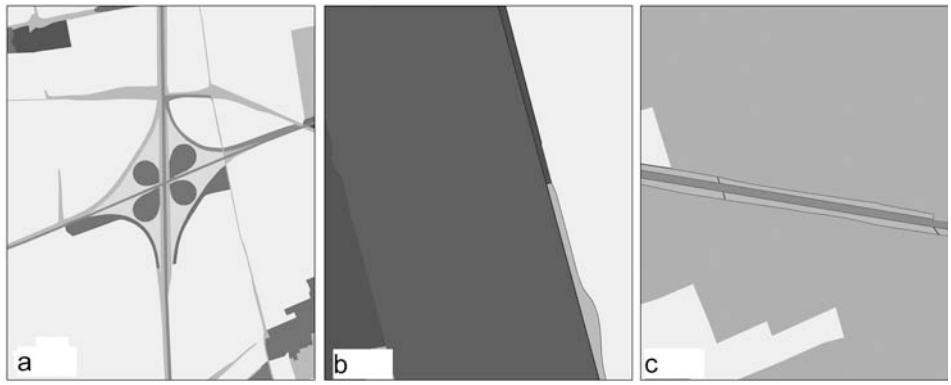


Abb. 3: Beispiele langgestreckter Flächenelemente als Problembereiche: Restflächen infolge der ATKIS-Straßenerfassung in linearen Elementen (a); schmale Uferzonen an Seen, Flüssen und Kanälen (b); langgezogenes Straßenbegleitgrün (c) (Quelle: Nieland 2010, modifiziert)

Für die nachfolgende Generalisierung von zu kleinen Polygonen wurde bei der Nachbarschaftsauswahl eine Prioritätentabelle laut ETC LUSI verwendet (Keil et al. 2010, 55). Die Prioritätentabelle liefert Werte von 1 bis 10, basierend auf der thematischen Ähnlichkeitsbeziehung der CLC-Kategorien bei den infrage kommenden Nachbarn. Der Datenfluss bei der Generalisierung ist in Abbildung 4 dargestellt.

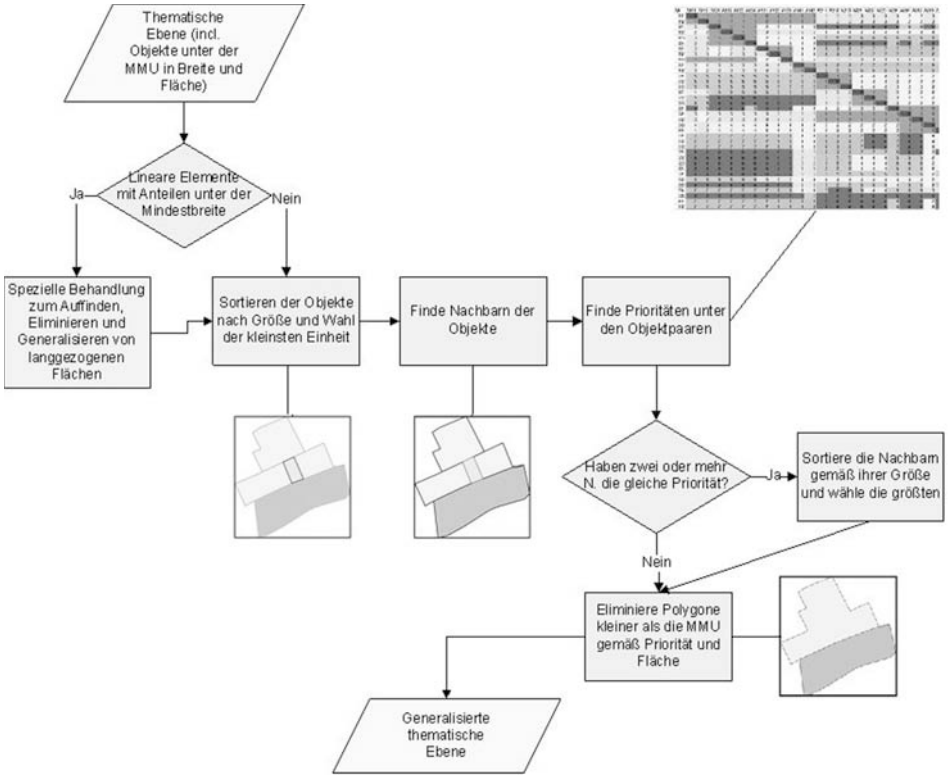


Abb. 4: Schematische Darstellung des Datenflusses zur Generalisierung von Polygonen zu einem EU-kompatiblen CLC (Quelle: Nieland 2010, modifiziert)

4.2.2 Beispielhafte Vergleiche: Generalisiertes DLM-DE und CLC2006

Bei der Generalisierung hat sich ein Verfahren in zwei Schritten bewährt, bei dem zunächst auf eine Mindesterfassungsgröße von 5 ha und erst dann auf die Mindesterfassungsgröße von 25 ha aggregiert wird. Ein Beispiel der verschiedenen Generalisierungsstufen und zum Vergleich das Resultat der Interpretation laut EEA ist in der Abbildung 5 dargestellt. Bis auf einige Unterschiede vorwiegend im Südostteil des Bildausschnitts, werden im Wesentlichen die CLC-Einheiten auch in der generalisierten DLM-DE-Ableitung wiedergegeben. Die detaillierten Untersuchungen haben ergeben, dass allerdings aufgrund der verschobenen geometrischen Abgrenzungen keine einfache Änderungskartierung durch Differenzbildung von zwei unterschiedlich erhobenen CLC-Updates möglich sein wird. Dies wird auch am Beispiel in der Abbildung 6 deutlich, in der die Siedlungsabgrenzung im konventionellen CLC und im abgeleiteten DLM-DE überlagert dargestellt wird. Neben den geometrischen Unterschieden sind bei einer Änderungsableitung auch thematisch unterschiedliche Resultate in den jeweiligen CLC-Kartierungsansätzen zu erwarten.

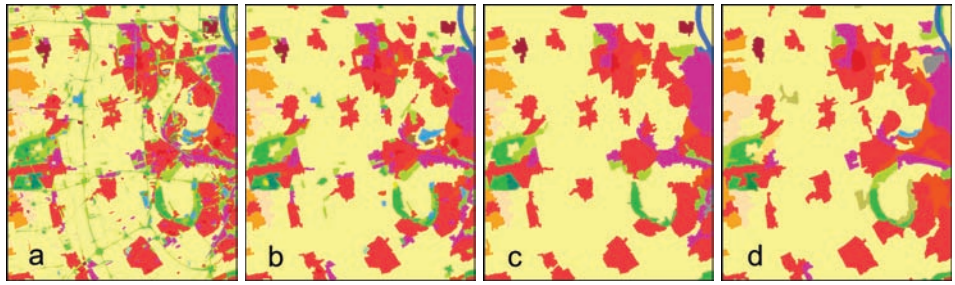


Abb. 5: Beispiel von Generalisierungsschritten des DLM-DE LC im Vergleich zum herkömmlich abgeleiteten CLC2006: a) aktualisiertes DLM-DE, 1 ha MMU; b) aktualisiertes DLM-DE, 5 ha MMU; c) aktualisiertes DLM-DE, 25 ha MMU; d) CLC2006 laut EEA, 25 ha MMU (Quelle: Nieland 2010, modifiziert; Geobasisdaten: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de))

So konnte die Umsetzung kleiner heterogener landwirtschaftlicher Einheiten im DLM-DE in die heterogenen landwirtschaftlichen CLC-Kategorien 242 und 243 noch nicht modelliert werden. Diese Art der Generalisierung beim herkömmlichen CLC muss ebenfalls bei einer Änderungskartierung Berücksichtigung finden.

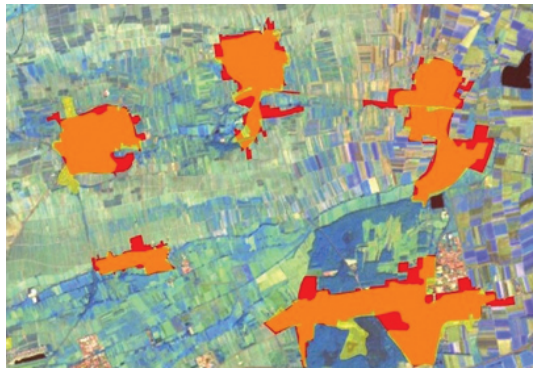


Abb. 6: Abgrenzung offener Bebauung im DLM-DE und im konventionellen CLC. Orange: in DLM-DE und CLC2006; gelb: nur in DLM-DE; rot: nur in CLC2006 (Quelle: Nieland 2010, erweitert)

4.3 Ansätze zur Ableitung der CLC-Änderungen während des Methodenwechsels

Durch die Unterschiede in der Geometrie des herkömmlich erstellten Datensatzes und eines auf der DLM-DE-Ableitung beruhenden neueren Datensatzes ist eine einfache Änderungsableitung der Landbedeckung, z. B. durch Differenzbildung, nicht möglich. Während des Methodenwechsels ist ein Zusatzaufwand zur Ableitung realistischer Änderungsflächen notwendig. Dabei wird ein großer Vorteil bei der Verwendung der hoch aufgelösten Basisgeometrie des DLM-DE als Grundlage einer Überprüfung von Änderungen gesehen, z. B. in einem „Backdating"-Prozess von DLM-DE (2009) gegen die IMAGE2006-Datenbasis von CLC2006. Innerhalb der vorgegebenen Geometrien des DLM-DE kann auf hauptsächlich vorkommende Änderungsprozesse, z. B. fortschrei-

tende Urbanisierung zwischen 2006 und 2009 unter Nutzung von schon abgeleiteten Versiegelungsdaten, abgetestet werden.

An der Gesamtfläche Deutschlands nehmen landwirtschaftlich genutzte Flächen den größten Anteil mit 58,84 % ein. Innerhalb der Veränderungen von 2000 auf 2006 war vor allem die Intensivierung der Landwirtschaft, hier verstanden als Transformation von Grünland in Ackerland oder von heterogener landwirtschaftlicher Nutzung in Ackerland, von großer Bedeutung (vgl. Keil et al. 2010, siehe auch bei den dominierenden Änderungspaaren in Tab. 2). In kleinerem Umfang fanden auch Transformationen in die andere Richtung statt. Die automatisierte Ableitung von Veränderungen im landwirtschaftlichen Bereich ist daher von großem Interesse.

Hinsichtlich Umwandlungen in der Landwirtschaft konnte Metz (2009) das Potenzial multisaisonaler AWiFS-Szenen zur Differenzierung von Ackerland und Grünland zeigen. Die AWiFS-Daten weisen eine räumliche Auflösung von 60 m auf und bieten, wegen der großen Überdeckung von 700 km, wesentlich mehr Chancen, mehrere wolkenfreie multisaisonale Aufnahmen pro Jahr zu gewinnen. Bei diesen können dann die Unterschiede in der phänologischen Entwicklung von Grasland und den Hauptanbaufrüchten für eine automatische Klassifizierung genutzt werden. Eine Einbindung in objektorientierte Klassifizierungsverfahren wurde erfolgreich getestet. Dabei kann die bestehende ATKIS-Geometrie durch weitere Segmentierungen verfeinert werden (Abb. 7) und eine genauere Differenzierung von Ackerland und Grünland im Hinblick auf mögliche Änderungen erreicht werden.

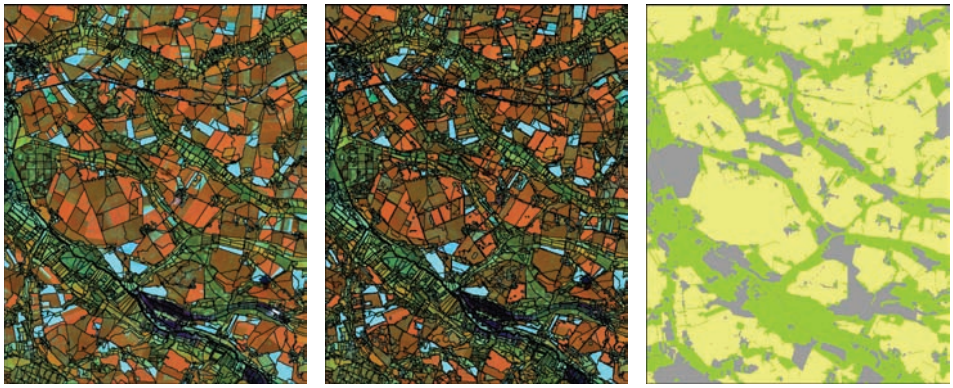


Abb. 7: IRS-P6 LISS-III-Szene (Mai 2006) einer Region in Mecklenburg mit überlagerten ATKIS-Polygonen (links) und verfeinerter Segmentierung anhand dieser LISS-III-Daten (Mitte); Ergebnis der multisaisonalen Ackerland-Grünland-Klassifizierung, basierend auf AWiFS-Daten von vier Zeitpunkten 2006 (rechts) (Quelle: Neuerstellung im Rahmen CLC2006)

Ähnliche Überprüfungen auf Änderungsprozesse oder eine Stabilität der Vegetationsbedeckung bei vorgegebenen Objektgrenzen sind für Waldflächen möglich. Bei den

alten Bundesländern stand laut Tabelle 2 die Transformation 312 -> 324 (Nadelwald zu Wald-Strauch-Übergangsflächen) zwischen 2000 und 2006 an erster Stelle. Der manuelle Aufwand bei der Änderungserfassung wird so minimiert.

5 Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

CORINE Land Cover hat sich als europaweit harmonisierte Erfassung der Landnutzung/-bedeckung auch bei vielen Anwendungen im nationalen und regionalen Kontext etabliert. Die Kartierungsergebnisse in den Datensätzen CLC1990, CLC2000 und CLC2006 spiegeln in Deutschland die Auswirkungen des politischen Umbruchs in den neuen Bundesländern auf die Flächennutzung und deren Entwicklung nach der Wiedervereinigung wider, z. B. mit einer Umorientierung hinsichtlich der Nutzung von Tagebauflächen. In den landwirtschaftlichen Flächen indizieren die Ergebnisse bei der Ackerland-Grünland-Entwicklung, dass sich der Trend zu höheren Grünlandanteilen zwischen 1990 und 2000 in den sechs Jahren danach eher wieder umgekehrt hat, etwa wegen der verstärkten Nachfrage nach Bioenergierohstoffen.

Im nationalen Kontext Deutschlands erschließt das in Arbeit befindliche hochauflösende CORINE Land Cover 2009 weiterführende Einsatzmöglichkeiten, vom BKG initiiert und vom Digitalen Landschaftsmodell DLM-DE abgeleitet, mit Aktualisierung durch RapidEye-Satellitendaten. Mit dieser Ableitung, basierend auf den ATKIS-Daten, soll ein synergetischer Nutzen auch bei zukünftigen Aktualisierungen erreicht werden. In begleitenden Arbeiten zur Aktualisierung von CLC2006 konnte gezeigt werden, dass für die Anforderungen auf europäischer Ebene (mit einer gegenwärtigen räumlichen Auflösung von 25 ha) entsprechende Generalisierungen möglich sind, sodass eine vergleichbare Aussagekraft im aggregierten DLM-DE-Produkt wie bei den herkömmlichen CLC-Daten erreicht wird.

In der Übergangsperiode des Methodenwechsels sind allerdings für die Änderungserfassung (zwischen 2006 und 2009) noch Zusatzarbeiten notwendig, da eine einfache Subtraktion der unterschiedlich generierten CLC-Datensätze von 2006 und 2009 wegen der unterschiedlichen Geometrien in einer Mehrzahl Pseudo-Änderungen liefern würde. Für ein Backdating und Tests auf Änderungen oder Invarianz der Landbedeckung bieten sich die Geometrien des hochauflösenden CLC an. Dabei kann primär (mittels automatisierter Verfahren) auf häufige Änderungsprozesse hin abgetestet werden wie auf urbane Prozesse (unter Nutzung von Versiegelungsinformation), Prozesse wie Sturmwurf auf Waldflächen und Entwicklungen in der Landwirtschaft (unter Nutzung von multisaisonaler Information, z. B. in AWiFS Daten). Stärker automatisierte Methoden zum Updating/Backdating werden zurzeit im europäischen GMES-Kontext (z. B. im Projekt geoland2; Geoland2, 2010) und in deutschen Projekten (z. B. in DeCOVER 2, siehe DeCOVER 2, 2010) erprobt, auch unter Berücksichtigung vorhandener Geometrien,

wie denen des DLM-DE. Die visuelle GIS-gestützte Arbeit mit vergleichender Inspektion der CLC-Layer von 2006 und 2009 zur Änderungsableitung kann dadurch stark eingeschränkt werden.

Die zukünftige koordinierte Erfassung der Landbedeckung und CLC-Ableitung für Deutschland bietet so eine Reihe von Vorteilen, insbesondere die Interoperabilität von topographischen und Landbedeckungsdatensätzen.

6 Literatur

Arnold, S. (2009a): Integration von Fernerkundungsdaten in national und europäische Geodateninfrastrukturen – Ableitung von CORINE Land Cover–Daten aus dem DLM–DE. Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, 2-2009, S. 123-135.

Arnold, S. (2009b): Digital Landscape Model DLM-DE – Deriving Land Cover Information by Integration of Topographic Reference Data With Remote Sensing Data. ISPRS Hannover Workshop 2009, http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII-1-4-7_W5/paper/Arnold-167.pdf.

Arozarena, A.; Villa, G.; Valcárcel, N.; Peces, J.-J.; Domenech, E.; Porcuna, A. (2006): New concept on land cover/land use information system in Spain – Design and production. Proceedings EARSeL Workshop 2006, Center for Remote Sensing of Land Surfaces, Bonn, 28.-30. Sept. 2006. www.zfl.uni-bonn.de/earsel/papers/215-225_arozarena.pdf (Zugriff: 9.08.2010).

Bader, M. (1997): Methoden zur Erkennung und Lösung von metrischen Konflikten in der Generalisierung von Polygonmosaiken. Universität Zürich, Diplomarbeit,1997.

Bock, M.; Keil, M.; Strunz, G.; Dietz, A.; Eisfelder, C.; Metz, A.; Rössig, C. (2008): Ergebnisse der Machbarkeitsstudie – Aktualisierung und Nutzung des DLM–DE für die Ableitung von CORINE Land Cover auf der Basis von Satellitendaten. Studie im Auftrag des BKG, DLR Oberpfaffenhofen, unveröffentlicht.

Büttner, G.; Kosztra, B. (2007): CLC2006 – Technical Guidelines. Universitat Au-tonoma de Barcelona, 2007.

DeCOVER 2 (2010): DeCOVER 2. http://de-cover.de (Zugriff 13.9.2010).

Geoland2 (2010): geoland2 – Operational Monitoring Services for our Changing Environment. http://www.gmes-geoland.info/home.html (Zugriff: 23.8.2010).

Keil, M.; Bock, M.; Esch, T.; Metz, A.; Nieland, S.; Pfitzner, A. (2010): CORINE Land Cover Aktualisierung 2006 für Deutschland. Abschlussbericht zu den F+E Vorhaben UBA FKZ 3707 12 200 und FKZ 3708 12 200. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum Oberpfaffenhofen.

Metz, A. (2009): Knowledge based update of DLM–DE with remote sensing and geodata for deduction of a high resolution land use/land cover mapping using CORINE Land Cover. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden.

Nieland, S. (2009): Entwicklung und Bewertung einer Methode zur automatisierten Generalisierung des DLM-DE auf den Zielmaßstab des CORINE Land Cover Datensatzes in Deutschland. Diplomarbeit, Universität Innsbruck.

Umweltbundesamt (UBA) (ed.) (2004): Workshop CORINE Land Cover 2000 in Germany and Europe and its use for environmental applications, 20-21 January 2004, Berlin. UBA Texte 04/04.

Flächenerhebung und -aktualisierung im Rahmen von GMES Land Monitoring

Marek Tinz

Zusammenfassung

Nach jahrelangen Forschungsaktivitäten führt die europäische Initiative für die Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung (GMES) nun zu operationellen Geoinformationsdiensten, die präzise, verlässliche und zeitgenaue Informationen auf der Basis von Satellitenfernerkundung bereitstellen. Durch derartige systematische Observationen werden Prognosen zum Zustand der Teilsysteme der Erde auf regionaler und globaler Ebene ermöglicht.

Neben der Beobachtung der Ozeane und der Überwachung unserer Atmosphäre und des Klimawandels sowie Diensten für Notfälle und Sicherheit, widmet sich eine Serie von Basisdiensten dem Bereich des „Land Monitoring". Diese Dienste werden in Zukunft eine wichtige Informationsquelle im Hinblick auf grenzüberschreitende Flächenerhebung und -aktualisierung darstellen.

In diesem Kontext wurde bereits auf der Basis von Satellitendaten mit dem Stichjahr 2006 eine europaweite Versiegelungskarte im Auftrag der Europäischen Umweltagentur erstellt (Projekt „Fast Track Service Precursor – degree of soil sealing"[1]). Dieser hochaufgelöste Geodatensatz wird derzeit im Projekt „geoland-2"[2] (gefördert von der Europäischen Kommission im 7. Forschungs-Rahmenprogramm) einer Aktualisierung zum Stichjahr 2009 unterzogen. Mit diesen Geoinformationsebenen liegt in Kürze die Grundlage für ein Monitoring der Siedlungsentwicklung harmonisiert über 38 Länder Europas vor.

Parallel dazu werden derzeit hochaufgelöste Landbedeckungs- bzw. Landnutzungserhebungen von über 300 europäischen Städten im Projekt „Urban Atlas"[3] nach einheitlichen Standards produziert. Die Produktion wird bis 2011 abgeschlossen sein.

Auf deutscher Seite tragen die beiden Projekte „DeCOVER"[4] und „DLM-DE"[5] zu den europäischen GMES Land Monitoring-Aktivitäten bei:

---

1 http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil-sealing-100m-1/eea-ftsp-degree-of-soil-sealing
2 http://www.gmes-geoland.info/
3 http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas
4 http://www.de-cover.de/
5 http://www.fp6.gmes-geoland.info/events/download/Gruenreich-DLM-DE090512_G2Forum_5_DLM-DE.pdf

Das DLR-geförderte Verbundvorhaben „DeCOVER“ arbeitet als Forschungs- und Entwicklungsprojekt an Methoden zur Aktualisierung und Erweiterung bestehender Landnutzungs- und Landbedeckungsinformationen. Ziel ist die optimierte Integration fernerkundungsgestützter Aktualisierungsverfahren in bestehende Fachprozesse sowie die Unterstützung von Fachinventaren aus den Bereichen Landwirtschaft und Naturschutz.

Im Auftrag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) wird derzeit im Projekt „DLM-DE“ eine Aktualisierung des Digitalen Landschaftsmodells für Deutschland durchgeführt. Im Rahmen dieser Aktualisierung auf Basis von Satellitenfernerkundungsdaten wird das DLM-DE so ergänzt, dass die darin enthaltenen Informationen den Klassen der gesamteuropäischen Landnutzungs- und Landbedeckungskartierung CORINE Land Cover (CLC) entsprechen (siehe Beitrag Keil et al. in diesem Band). Mit seiner neuen Spezifikation wird das DLM-DE damit zukünftig ein Bestandteil eines grenzübergreifend harmonisierten europäischen Datensatzes sein.

Arealstatistik der Schweiz – Methodik und aktuelle Ergebnisse

Anton Beyeler

Zusammenfassung

Die Arealstatistik der Schweiz ist die offizielle nationale Bodennutzungsstatistik. Sie wird seit 1984 im BFS erhoben und gibt Auskunft über Zustand und Veränderung von Siedlungsflächen, Wäldern, Gehölzen, Äckern, Wiesen, Weiden, Gewässern, Gletschern und von vielen weiteren Nutzungen (siehe Kap. 3.3 Nomenklatur). Sie vermittelt das wandelnde Bild des Mosaiks der Flächenverhältnisse der Bodennutzung vom ganzen Land. Ihre Zahlen fließen in Berechnungsmodelle wie den Nationalen Finanzausgleich zwischen Kantonen, das Kyoto-Protokoll, Agglomerationsdefinitionen, Wasseraufkommen in Gewässereinzugsgebieten usw. Weiter werden ihre Resultate heute in verschiedenen Indikatorensystemen (z. B. Raumentwicklung, Landschaftsindikatoren und Monet) und nationalen Programmen (z. B. Controlling Bundesinventare, Biodiversitätsmonitoring und Landschaftstypologien) verwendet. Ziel des Artikels ist die Präsentation von Methode und aktuellen Resultaten und damit eines Einblicks in das Funktionieren der Arealstatistik.

1 Geschichte und Stand der Erhebung

In der Schweiz wurden in den Jahren 1912, 1923-24, 1952 und 1972 Arealstatistiken herausgegeben, welche mit verschiedenartigen Methoden erhoben wurden, unterschiedliche Merkmalsdefinitionen und teilweise unbekannte Zeitbezüge aufwiesen. Hauptsächlich wurden nur 4 Kategorien unterschieden: Wald, Landwirtschaft, Reben sowie das Öd- und Unland, zu welchem übrigens auch die Siedlungsflächen gezählt wurden. Die Daten der verschiedenen Erhebungen konnten weder verglichen noch zur Bildung von Zeitreihen herangezogen werden. Erst als die Beunruhigung über den schleichenden Wandel der Landschaft durch das anhaltende Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum, durch Ballungsprozesse, Mobilitätssteigerung usw. wuchs, wurden diese Mängel erkannt. Die Regierung beschloss zu Beginn der 80er Jahre, der periodischen Beobachtung der Bodennutzung einen festen Platz im statistischen Programm zu geben.

Seither wird die schweizerische Arealstatistik nach einer wissenschaftlich abgestützten Methode durchgeführt, die zeitliche Vergleiche erlaubt. 1992 wurde die 1. Erhebung, die Arealstatistik 1979-85 (AREA1), abgeschlossen. Der Abschluss der 2. Erhebung, die Arealstatistik 1992-97 (AREA2), folgte im Jahr 2001. Bei diesen beiden Erhebungen

wurden noch analoge Luftbilder mit Stereoskopen betrachtet. Mittlerweile hatte die Fernerkundung und die geografische Informationsanalyse entscheidende Fortschritte gemacht, wodurch eine Umstellung auf die räumliche Betrachtung digitaler Luftbilder am Bildschirm fast unabdingbar wurde, aber auch zu effizienteren Prozessen und einer Erhöhung des Arbeitskomforts wie auch der Produktivität führte. Eine gleichzeitige Bedarfsumfrage bei den wichtigsten Datennutzern ergab, dass die separate Erhebung von Nutzung und Bedeckung sowie u. a. auch des Ackerlandes einem großen Bedürfnis entsprach. So entschied sich das Bundesamt für Statistik (BFS) die 3. Erhebung, die Arealstatistik 2004-09 (AREA3), mit einer grundlegend erneuerten Nomenklatur und digitaler Technologie durchzuführen. Nach den Revisionsarbeiten konnte im Jahr 2005 mit der 3. Erhebung begonnen werden. Gleichzeitig werden auch die beiden vorangehenden Arealstatistiken (AREA1 und AREA2) in die neue Nomenklatur, Nomenklatur 2004, umgeschrieben. Damit sind die Daten aller drei Erhebungen vollständig vergleichbar und ermöglichen die Darstellung von Zeitreihen mit einem Intervall von 12 Jahren. Abbildung 1 zeigt den Stand der 3. Datenerhebung am 1. Juli 2010.

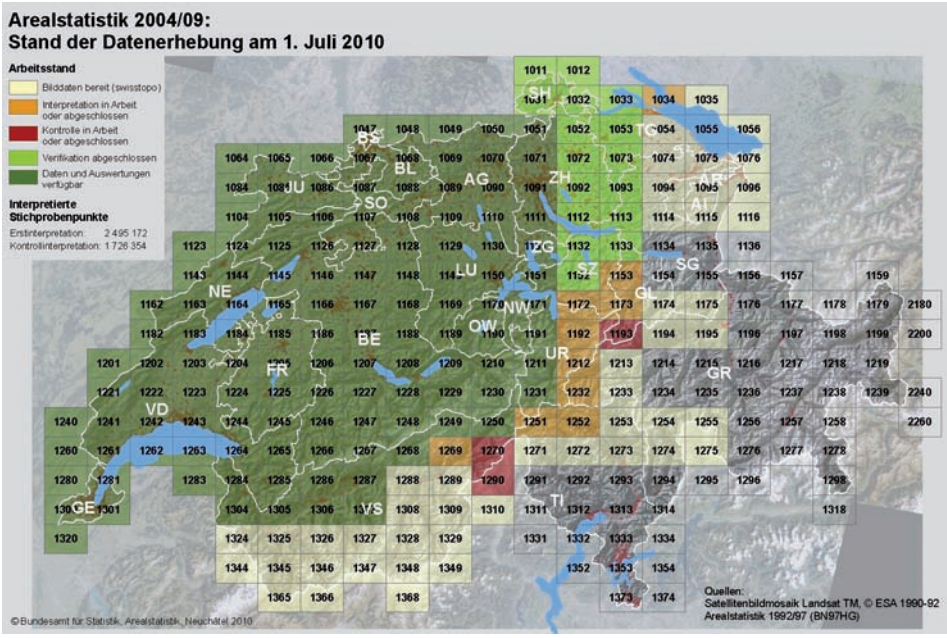


Abb. 1: Stand der Datenerhebung der Arealstatistik am 1. Juli 2010

2 Methode

2.1 Luftbilder als Datengrundlage

Interpretiert wird die Landschaft aus Luftbildern, welche das Bundesamt für Landestopographie regelmässig für die Aktualisierung der Landeskarten aufnimmt und – sozusagen als Sekundärnutzung – dem BFS zur Verfügung stellt. Für die Auswertung werden die Aufnahmen der Jahre 1979-85, 1992-97 und 2004-09 verwendet. Daraus ergibt sich die aktuelle Periodizität der Arealstatistik von 12 Jahren. Die Gesamtfläche der Schweiz wird in 6 Jahren überflogen. Die Bildgrundlage für eine Erhebung des ganzen Landes ist also ein Mosaik von Aufnahmen aus 6 Jahren (siehe Abb. 2).

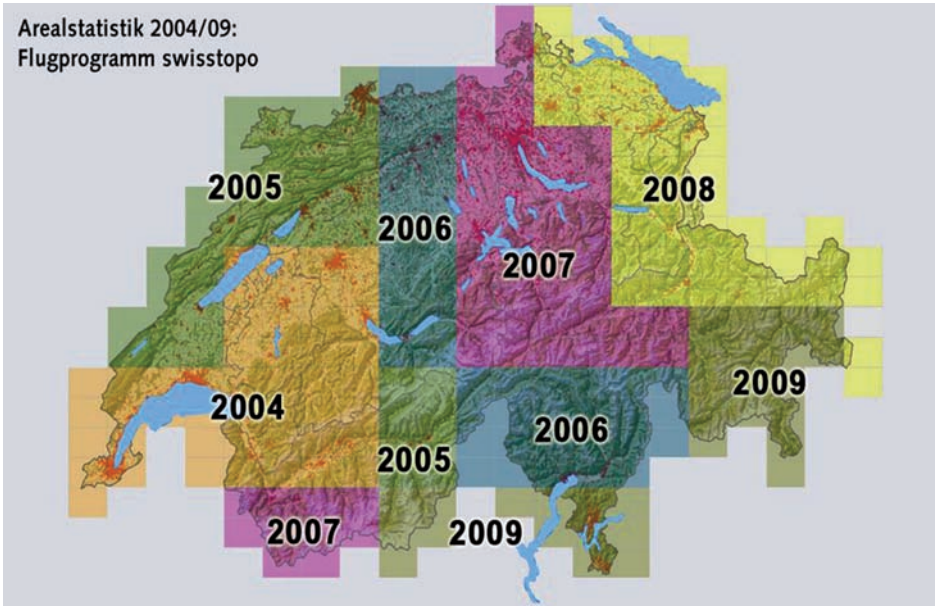


Abb. 2: Luftbildmosaik als Datengrundlage der Arealstatistik (Quelle: BFS, Arealstatistik)

Mit den Digitalkameras ADS40/ADS80 werden nicht mehr Einzelbilder auf Film aufgenommen. Die Landschaft wird streifenweise mit einem linearen Bildscanner (12 000 Pixel) mit einer Auflösung von 25 cm bis 50 cm erfasst, sowohl in schwarz-weiß, in Farbe (RGB) wie auch in Infrarot.

Die ADS40-Luftbildstreifen können nur mit vielen Zusatzinformationen (Kameradaten, Bildorientierung etc.) gebraucht werden. Damit schnell hinein- und herausgezoomt werden kann, müssen die Bildpyramiden gerechnet werden. Die von uns verwendete Software Socet Set stellt die entsprechenden Funktionen zur Verfügung.

2.2 Millionen Stichprobenpunkte

Die Interpretation der Bodennutzung und -bedeckung beruht auf fixen Stichprobenpunkten (SP), welche in einem 100 m-Raster den Luftbildern überlagert werden. Insgesamt ergibt dies für die Schweiz mit einer Gesamtfläche von 41 285 km^2 gut 4,1 Millionen Stichprobenpunkte, welche alle 12 Jahre wieder am genau gleichen Ort betrachtet und interpretiert werden. Die Anpassung an die Geländeoberfläche erfolgt fotogrammetrisch unter Verwendung des digitalen Geländemodells DTM. Durch die immanente Georeferenzierung jedes Stichprobenpunkts sind Auswertungen nach beliebigen Raumeinheiten und Kombinationen mit anderen Geodaten möglich. Aufgrund der konsistenten Erhebung der Bodennutzung und Bedeckung aller drei Luftbildabdeckungen der Schweiz kann von jedem Punkt belegt werden, wie er zu jedem Zeitpunkt genutzt wurde und wie sich seine Nutzung und Bedeckung im Lauf der Zeit verändert hat (Bodennutzungswandelmatrix).

Die Stichprobenmethode hat gegenüber einer flächenscharfen Abgrenzung der Nutzungen im Luftbild den Vorteil, dass sie wirtschaftlicher ist und schneller zu brauchbaren Resultaten führt. Ausserdem kann mit der Beurteilung am SP die in stark durchmischten Gebieten sehr aufwändige Grenzziehung zwischen verschiedenen Nutzungen minimiert werden. Ihr Nachteil besteht allerdings darin, dass die erzielten Ergebnisse für kleine Räume und kleinflächige Nutzungen relativ ungenau sind und die kartografische Darstellung nur beschränkt sinnvoll ist. Der Fehler einer Punktstichprobenerhebung sind im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängig, nämlich von der Häufigkeit einer bestimmten Nutzungsart einerseits und von deren Form, Größe und Verteilung andererseits:

1. Der Schätzfehler ist umso kleiner, je häufiger ein SP auf ein Merkmal – in unserem Falle auf eine Bodennutzungsart – trifft. Höhere Genauigkeit erfordert demnach größere Erhebungsräume, eine kleinere Zahl der erhobenen Merkmale (Zusammenfassung der Kategorien) oder ein dichteres Stichprobennetz.
2. Der Stichprobenfehler ist umso kleiner, je größer die zusammenhängende Fläche der erhobenen Bodennutzungsart im Verhältnis zur Fläche ist, die durch einen SP repräsentiert wird (z. B. bei großen Wäldern, Seen usw.). Hier findet der Stichprobenprozess nur in der Randzone statt, während im Inneren ein einfacher Zählprozess ohne Fehleranteil durchgeführt wird. Umgekehrt sinkt die Genauigkeit bei stark streuenden, kleinflächigen Nutzungen (z. B. Einfamilienhäuser).

Abb. 3: Luftbild mit überlagerten Stichprobenpunkten. Interpretation der Nutzung und Bedeckung an der äußeren Winkelspitze (Bsp.: 102 = Industrieareal und 12 = Gebäude) (Quellen: swisstopo, BFS)

2.3 Nomenklatur

Aufgrund einer Bedarfsanalyse bei Schlüsselkunden wird die Bodennutzung und Bodenbedeckung getrennt erhoben. Der Interpret teilt jedem SP einen 3-stelligen Code der Bodennutzung (46 Kategorien) und einen 2-stelligen Code der Bodenbedeckung (27 Kategorien) zu. Abbildung 4 zeigt eine Übersicht.

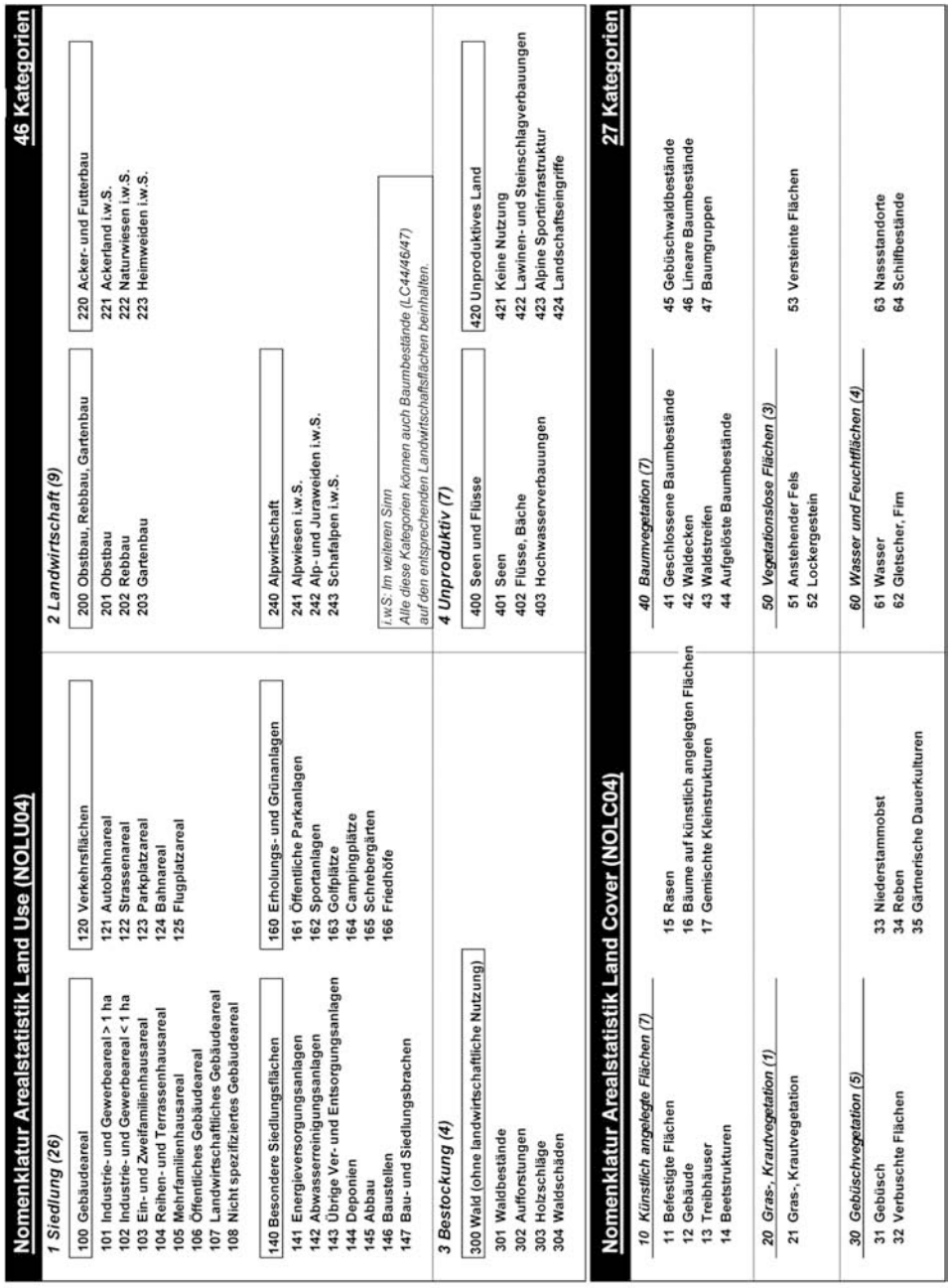


Abb. 4: Übersicht Nomenklatur Bodennutzung (Land Use) und Bodenbedeckung (Land Cover) (Quelle: BFS)

Ein detaillierter Interpretationskatalog beschreibt für jede Kategorie Definition, Kriterien und Zugehörigkeiten. Für heterogene Landschaftsmerkmale, wie Baumbestände, verbuschte und versteinte Flächen, wird bei der Interpretation eine sog. Referenzfläche von 50 m x 50 m (mit dem SP in der Mitte) zur Bestimmung des Deckungsgrads berücksichtigt. Waldbegrenzungslinien (verbindet die Bäume mit einem Abstand von Stamm zu Stamm von weniger als 25 m), Mindestbreiten und Oberhöhen sind zusätzliche Kriterien für die Unterscheidung verschiedener Waldkategorien. Die Nomenklatur mit einem Bedeckungs- und einem Nutzungscode für jeden SP erlaubt sehr detaillierte Auswertungen und erfüllt die Wünsche zahlreicher Datenbenutzer der Arealstatistik. Die Vielfalt von Kombinationsmöglichkeiten beinhaltet jedoch auch eine gewisse Gefahr, dass bei unsachgemäßer Handhabung irreführende Zahlen für die Waldfläche, die Landwirtschaftsflächen oder andere Nutzungs- und Bedeckungsklassen ausgewiesen werden.

Zur besseren Vergleichbarkeit mit früher publizierten Resultaten der Arealstatistik 1979-85 und 1992-97 wurde aus der Kombination von Land Cover und Land Use die Standardnomenklatur mit 72 Grundkategorien und 3 Aggregationsebenen (mit 4 Hauptbereichen bzw. 17 und 27 Nutzungsarten) konstruiert (siehe Abb. 5). Damit werden die Kundenbedürfnisse der Öffentlichkeit, der Medien und anderer Zielgruppen bereits weitgehend erfüllt. Von insgesamt 1 242 Kombinationsmöglichkeiten der Bodennutzung und -bedeckung (27 LC x 46 LU) sind 787 potenziell möglich, die restlichen 455 Kombinationen jedoch gesperrt. Solche Kombinationen führen zu Widersprüchen der Definitionskriterien oder kommen in der Schweiz nicht vor.

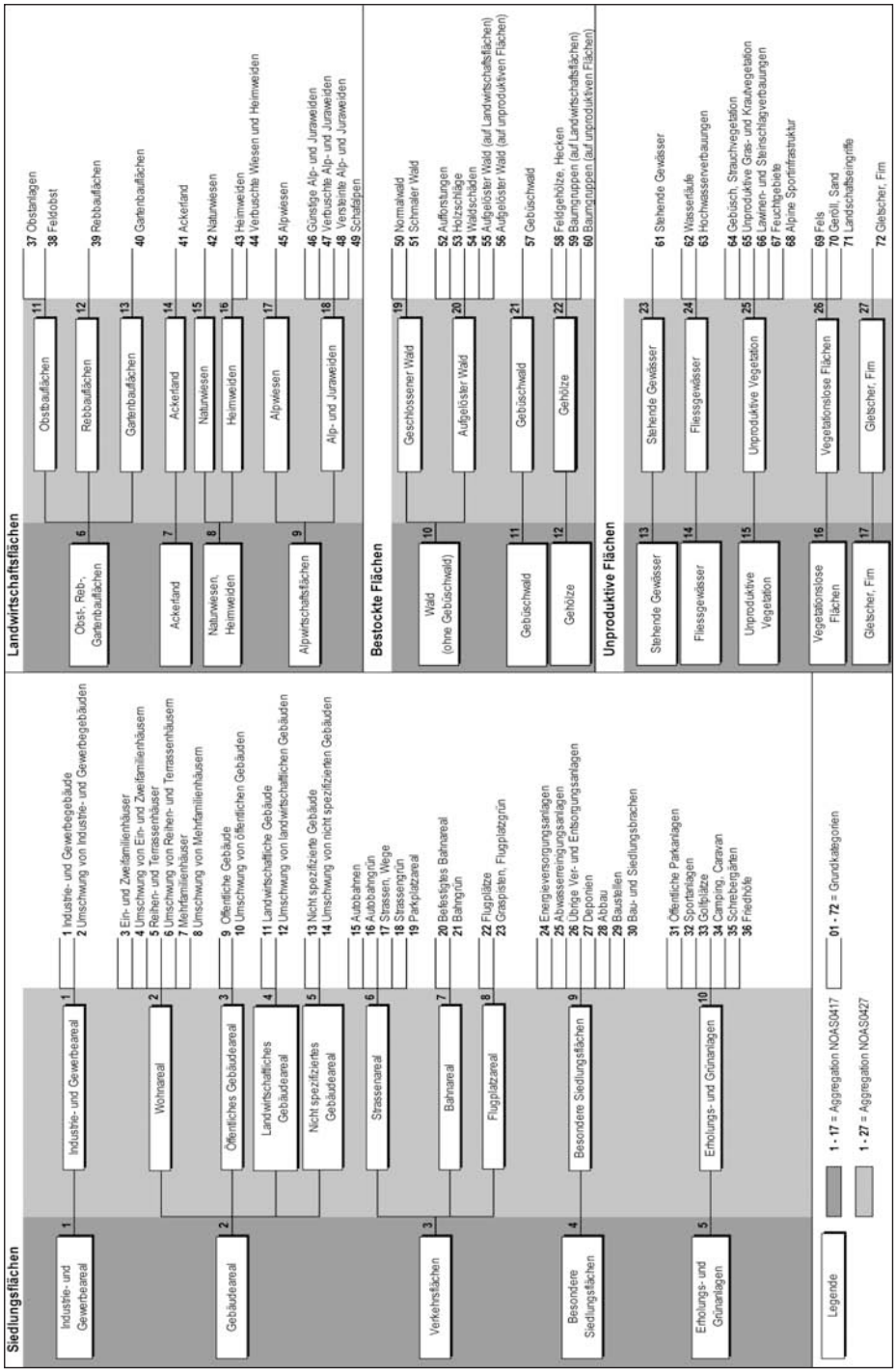


Abb. 5: Standardnomenklatur NOAS04: Die 72 Grundkategorien und ihre Aggregationen (Quelle: BFS)

2.4 Luftbildinterpretation

Die Interpretation erfolgt mithilfe einer eigens für die Arealstatistik entwickelten Erfassungsapplikation aufgrund von Informationen, welche auf zwei Bildschirmen, von denen der eine dreidimensionale Bildbetrachtung erlaubt, dargestellt sind.

Abb. 6: Bildstation (Quelle: BFS, Arealstatistik)

Auf dem Bildschirm links befinden sich das Hauptmenüfenster sowie die drei Luftbildsituationen, welche mithilfe einer Polarisationsbrille und einem speziellen Bildschirm (ZScreen) dreidimensional betrachtet werden können.

Auf dem Bildschirm rechts werden verschiedene Kartenfenster mit Zusatzinformationen sowie die Gebäudeinformationen präsentiert.

Abb. 7: Bildschirm mit 3-D Bildbetrachtung (Quelle: BFS, Arealstatistik) *Bildschirm mit Zusatzinformationen*

Die Applikation berechnet aus den Resultaten der früheren Erhebungen kombiniert mit der Abfrage der vektorisierten Landeskarte Codes als Vorschläge für die heutige Bodennutzung und -bedeckung. Der Erstinterpret prüft, ob die auf den Luftbildern vorgeschlagenen Codes der auf dem Bild angetroffenen Situationen entsprechen, und passt auf der Grundlage des Kategorienkatalogs diese Vorschläge ggf. der beobachteten Realität an. Bei der Datenerfassung findet eine Online-Plausibilisierung statt, indem z. B. unmögliche Kombinationen von Nutzung und Bedeckung nicht eingegeben werden können oder die Applikation bei zwar möglichen, aber sehr seltenen Kombinationen, wenn etwa Reben über 800 m Höhe eingegeben werden, eine explizite Bestätigung verlangt. Der Zweitinterpret besucht alle Punkte mit Siedlungs- und Landwirtschaftscodes und Teile der Punkte mit Wald- und Unproduktivcodes noch einmal und verifiziert oder verändert

die vom Erstinterpreten vorgenommene Arbeit. Unklare Punkte werden im Gespräch bereinigt oder im Gelände verifiziert. Die Geländebegehung vermittelt den Spezialisten zudem einen Gesamteindruck des bearbeiteten Gebietes und der darin vorkommenden Landschaftselemente und Nutzungsarten, was für die richtige Ansprache von regional heterogenen Strukturen von großer Bedeutung ist.

3 Ergebnisse

3.1 Nationale Übersicht

Eine Übersicht zu den Flächenverhältnissen der Bodennutzung in der ganzen Schweiz und den Veränderungen der 4 Hauptbereiche in 12 Jahren zeigen die Daten der beiden vollständig vorliegenden Erhebungen (siehe Abb. 8).

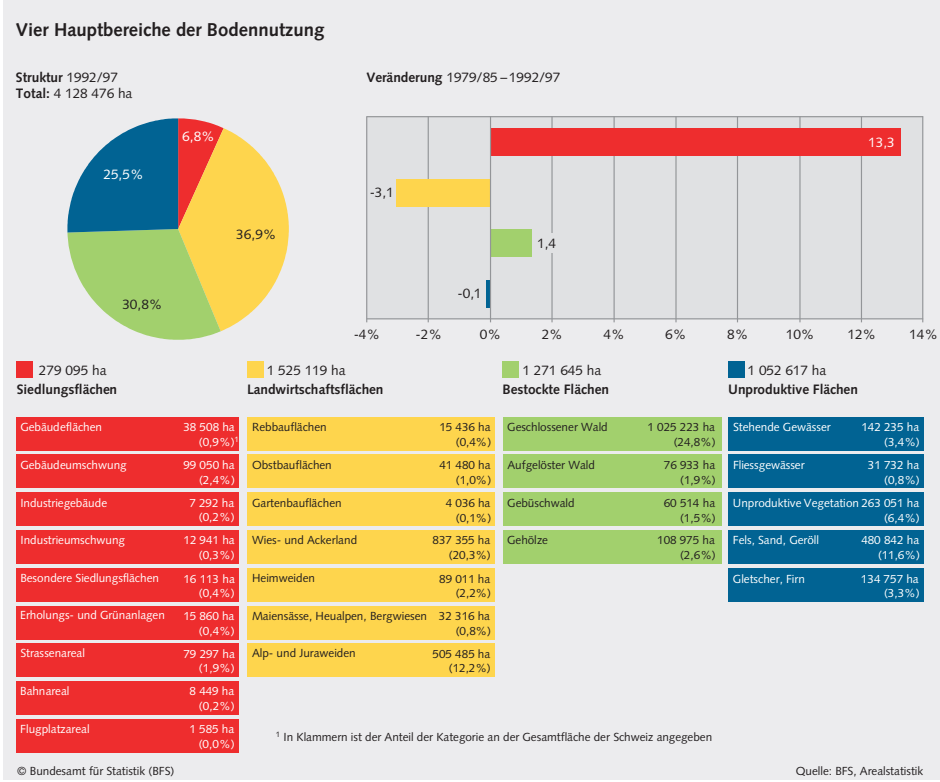


Abb. 8: Flächenverhältnisse der Bodennutzung in der Schweiz 1992/97

Aufschlussreich ist die kartografische Darstellung der Daten. Unterschieden werden in der Abbildung 9 sieben wichtige Bodennutzungsarten. Im Mittelland konkurrenzieren

sich Siedlung und Landwirtschaft dort, wo sich auch die größten Gewässer befinden. Der Jura im Norden und die Alpenkette im Süden sind dagegen größtenteils durch Bestockungen und Alpwirtschaft geprägt. Wie feine Adern, in denen sich wiederum Siedlung und Landwirtschaft konzentrieren, durchziehen die Täler den Alpenraum. Und schließlich bleibt noch das Hochgebirge, auf welchem keine intensive Nutzung stattfindet.

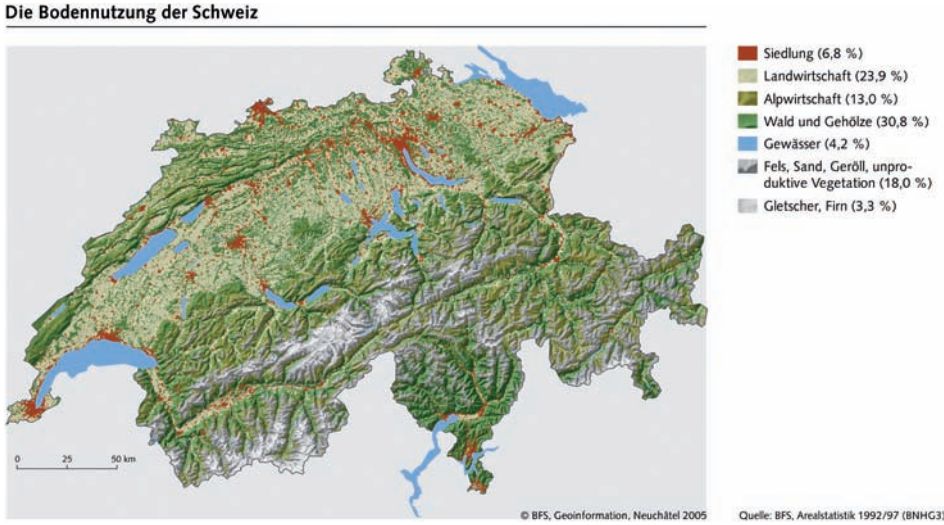


Abb. 9: Abbild der Schweiz mit vereinfachter Bodennutzung

3.2 Aktuelle Resultate

Die folgenden Darstellungen zeigen Resultate aus der aktuellen Erhebungsrunde mit 3 Zeitständen für 16[1] Kantone oder 48,8 % der Gesamtfläche der Schweiz (siehe dazu auch Abb. 1).

Innerhalb von 24 Jahren hat die Siedlungsfläche in diesem Gebiet um 39 319 ha zugenommen. Ihr Anteil an der Gesamtfläche stieg damit von 8,8 % auf 10,8 %. Von 1985-1997 betrug die Ausdehnung der Siedlungsfläche 21 413 ha (12,1 %), von 1997-2009 waren es noch 17 906 ha (9,1 %). Ein Hauptgrund für diese Verlangsamung dürfte die im Vergleich zur Vorperiode (1985-1997) relativ schwache Konjunktur und somit geringere wirtschaftliche Entwicklung in der aktuellen Periode sein (siehe Tabelle 1).

Deutlich abgeschwächt hat sich das Wachstum des Industrie- und Gewerbeareals von 21,1 % auf 8,1 %, etwas weniger beim Gebäudeareal von 16,7 % auf 11,9 % und bei

[1] Kantone Zürich (ZH), Bern (BE), Luzern (LU), Obwalden (OW), Nidwalden (NW), Zug (ZG), Freiburg (FR), Basel-Stadt (BS), Basel-Land (BL), Solothurn (SO), Schaffhausen (SH), Aargau (AG), Waadt (VD), Neuenburg (NE), Genf (GE) und Jura (JU).

den Verkehrsflächen von 8,6 % auf 5,6 %. Ungebremst hoch blieb die flächenmässige Zunahme bei den Erholungs- und Grünanlagen mit gut 15 % in beiden Perioden. Wesentlich zum Wachstum der Erholungsanlagen beigetragen haben die Golfplätze. Ihre Fläche hat sich im zweiten Zeitintervall fast verdreifacht und beträgt nun 1 868 ha.

Tab. 1: Aktuelle Resultate für 3 Zeitstände im Abstand von 12 Jahren (Quelle: BFS)

Arealstatistik Schweiz

Arealstatistik 1979/85 – 1992/97 – 2004/09

Auswertung von 16 Kantonen (ZH, BE, LU, OW, NW, ZG, FR, BS, BL, SO, SH, AG, VD, NE, GE, JU)
mit einer Gesamtfläche von 2 004 130 ha oder 48,8 % der Fläche der Schweiz

Vier Hauptbereiche

	1985	1997	2009	Zunahme/Abnahme 1985-1997		Zunahme/Abnahme 1997-2009	
	(ha)	(ha)	(ha)	Absolut (ha)	Prozent	Absolut (ha)	Prozent
Siedlungsflächen	176 255	197 668	215 574	+21 413	+12,1	+17 906	+9,1
Landwirtschaftsflächen	931 821	906 812	889 786	-25 009	-2,7	-17 026	-1,9
Bestockte Flächen (Wald und Gehölze)	654 604	659 822	658 419	+5 218	+0,8	-1 403	-0,2
Unproduktive Flächen	241 450	239 828	240 351	-1 622	-0,7	+523	+0,2

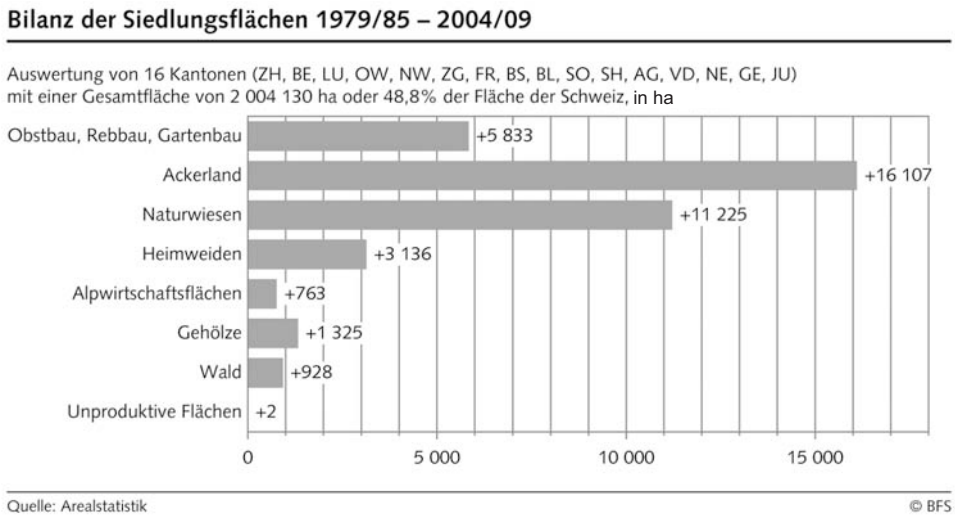
Aggregation nach 17 Nutzungsarten

	1985	1997	2009	Zunahme/Abnahme 1985-1997		Zunahme/Abnahme 1997-2009	
	(ha)	(ha)	(ha)	Absolut (ha)	Prozent	Absolut (ha)	Prozent
Industrie- und Gewerbeareal	12 836	15 539	16 801	+2 703	+21,1	+1 262	+8,1
Gebäudeareal (ohne Ind.- und Gewerbeareal)	82 622	96 413	107 856	+13 791	+16,7	+11 443	+11,9
Verkehrsflächen	57 144	62 053	65 550	+4 909	+8,6	+3 497	+5,6
Besondere Siedlungsflächen	12 970	11 364	11 191	-1 606	-12,4	-173	-1,5
Erholungs- und Grünanlagen	10 683	12 299	14 176	+1 616	+15,1	+1 877	+15,3
Obst-, Reb- und Gartenbauflächen	46 751	38 027	31 136	-8 724	-18,7	-6 891	-18,1
Ackerland	386 388	378 276	360 460	-8 112	-2,1	-17 816	-4,7
Naturwiesen, Heimweiden	318 256	313 962	322 674	-4 294	-1,3	+8 712	+2,8
Alpwirtschaftsflächen	180 426	176 547	175 516	-3 879	-2,1	-1 031	-0,6
Wald (ohne Gebüschwald)	600 545	606 365	606 168	+5 820	+1,0	-197	-0,0
Gebüschwald	6 482	7 577	8 498	+1 095	+16,9	+921	+12,2
Gehölze	47 577	45 880	43 753	-1 697	-3,6	-2 127	-4,6
Stehende Gewässer	96 737	96 616	96 728	-121	-0,1	+112	+0,1
Fließgewässer	13 407	13 152	13 738	-255	-1,9	+586	+4,5
Unproduktive Vegetation	42 569	42 008	42 309	-561	-1,3	+301	+0,7
Vegetationslose Flächen	61 000	64 232	65 547	+3 232	+5,3	+1 315	+2,0
Gletscher	27 737	23 820	22 029	-3 917	-14,1	-1 791	-7,5

Das Wachstum der Siedlung geht vor allem auf Kosten der Landwirtschaftsflächen, welche in den vergangenen 24 Jahren im beobachteten Raum um 42 035 ha oder durchschnittlich 1 751 ha pro Jahr abnahmen. Ihr Anteil an der Gesamtfläche sank damit von 46 % auf 44 %. Entsprechend dem langsameren Siedlungszuwachs in der zweiten Beobachtungsperiode hat sich auch der Verlust von Landwirtschaftsflächen verkleinert. Von 1985 bis 1997 betrug er 2,7 % oder 2 084 ha pro Jahr und von 1997 bis 2009 noch 1,9 % oder 1 419 ha pro Jahr.

Die neuen Zahlen belegen auch deutliche Veränderungen innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzungskategorien. So hat sich die Umnutzung des wertvollen Ackerlandes vom ersten zum zweiten Intervall gut verdoppelt (676 ha pro Jahr, resp. 1 485 ha pro Jahr). Heimweiden haben im zweiten Intervall mit 19 % oder 1 593 ha pro Jahr stärker zugenommen als im ersten, wo sie um 12 % oder 897 ha pro Jahr wuchsen. Die beachtliche Zunahme des Weidegebietes und der Rückgang der gepflügten Fläche zeigen, dass eine Extensivierung der Landwirtschaft im Dauersiedlungsgebiet der Schweiz begonnen hat. Diese Entwicklung widerspiegelt auch neue Vorschriften zur artgerechten Viehhaltung mit vermehrtem Auslauf und Weidegang und den Trend zur Mutterkuh- und Pferdehaltung.

Tiefe Einblicke in den Wandel der Landschaft ermöglicht die Bodennutzungswandelmatrix, welche dank der Erhebung mit fixen Stichprobenpunkten einfach und eindeutig herstellbar ist. Sie zeigt für jede Kategorie wie viel Fläche zwischen zwei Erhebungen neu entstanden ist und was die frühere Nutzung war sowie wie viel Fläche der gleichen Kategorie gleichzeitig verschwunden ist und wie die neue Nutzung aussieht. Die Bilanz zwischen Zuwachs und Verlust ergibt die absolute Veränderung einer Kategorie von einem Zustand zum nächsten.



	Herkunft Neue Siedlungsflächen entstanden aus ... (in ha)	Werdegang Verschwundene Siedlungsflächen geworden zu ... (in ha)	Bilanz der Siedlungsflächen (in ha)
Obstbau, Rebbau, Gartenbau	5 959	126	5 833
Ackerland	17 496	1 389	16 107
Naturwiesen	12 388	1 163	11 225
Heimweiden	3 865	729	3 136
Alpwirtschaftsflächen	907	144	763
Gehölze	1 512	187	1 325
Wald	1 915	987	928
Unproduktive Flächen	390	388	2
Total	44 432	5 113	39 319

Welche neuen Siedlungsflächen entstanden? (in ha)	
Gebäudeareal	23 087
Industrieareal	4 018
Besondere Siedlungsflächen	6 099
Erholungs- und Grünanlagen	3 744
Verkehrsflächen	7 484
Total	44 432

Abb. 10: Bilanz der Siedlungsflächen in 24 Jahren

Abbildung 10 zeigt, dass der Großteil der in 24 Jahren neu entstandenen Siedlungsflächen aus Landwirtschaftsflächen entstanden ist. 39 % kamen aus dem Ackerland, 28 % aus Naturwiesen, 13 % aus Obstbau, Rebbau, Gartenbau und 9 % aus Weiden. 52 % der neuen Siedlungsflächen sind Gebäudeareal (Gebäude und Umschwung), 17 % Verkehrsflächen und 14 % Besondere Siedlungsflächen.

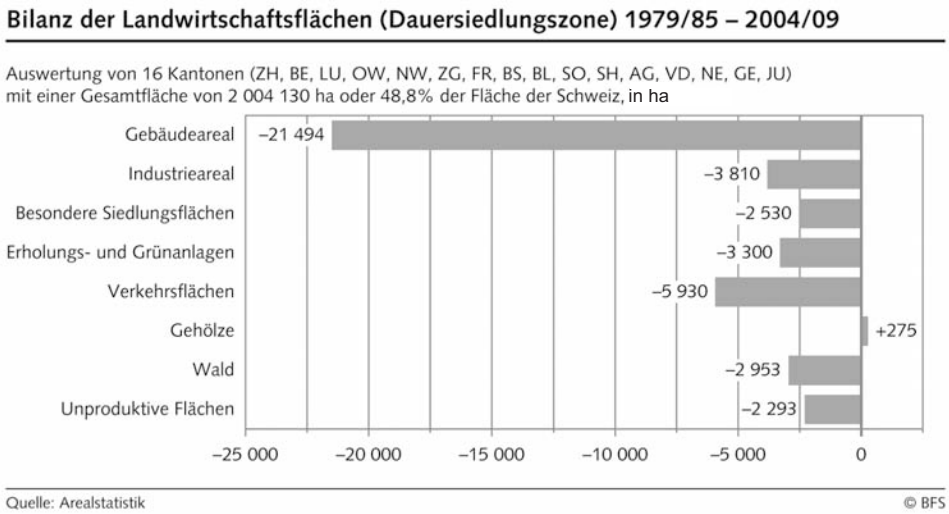


Abb. 11: Bilanz der Landwirtschaftsflächen in 24 Jahren

Die Verluste der Landwirtschaftsflächen in der Dauersiedlungszone (Talgebiet) entsprechen ziemlich exakt dem Wachstum der Siedlungsflächen. 47 % der verschwundenen Landwirtschaftsflächen sind heute Gebäudeareal, 13 % Verkehrsflächen und 11 % Besondere Siedlungsflächen (siehe Abb. 11).

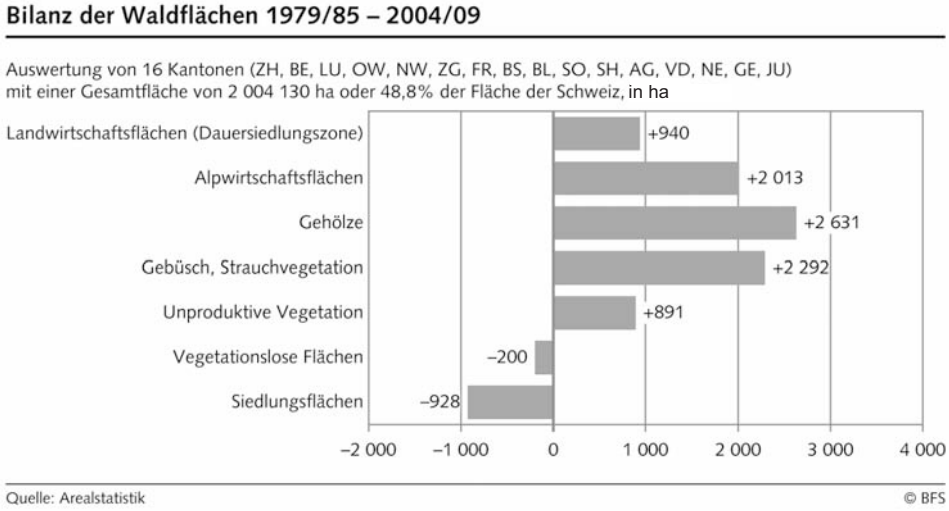


Abb. 12: Bilanz der Waldflächen in 24 Jahren

Ein Blick in die Bilanz der Waldflächen zeigt, dass diese sich im Verhältnis zu Siedlungs- und Landwirtschaftsflächen rel. wenig verändert, obwohl der Wald gut 28 % der Gesamtfläche der Schweiz bedeckt. Grund dafür ist der strenge gesetzliche Schutz des Waldes seit Anfang des 20. Jahrhunderts, der die Umnutzung verbietet. Der bilanzierte Verlust von gut 900 ha durch neue Siedlungsflächen wird durch den etwa gleichen Zuwachs auf Landwirtschaftsflächen in der Dauersiedlungszone wieder kompensiert. Auch dies zeigt eindrücklich die Wirkung des Waldgesetzes, welches für bewilligte Rodungen (etwa für Nationalstrassen) eine vollständige Kompensation der Waldfläche durch Aufforstung verlangt. Der Wald rückt vor allem in höheren Lagen vor auf Alpweiden, Gehölzen und verbuschten Flächen, wo die landwirtschaftliche Nutzung oft aus wirtschaftlichen Gründen aufgegeben wird (siehe Abb. 12).

4 Schlusswort

Die Landschaft wandelt sich langsam. Meist verändern sich kleine Flächen verstreut über das ganze Land. Dieser Wandel kann nur durch ein langfristiges, methodisch stabiles und räumlich differenziertes Monitoring abgebildet werden. Deshalb sind erfolgreiche Bodennutzungserhebungen Langzeitprojekte, welche statistisch relevante Zeitreihen produzieren. Sie brauchen eine langfristige Planung und Finanzierung, nicht zuletzt damit das Fachwissen erhalten bleibt.

5 Literatur

Bundesamt für Statistik (BFS) (1980): Bundesamt für Raumplanung; H. Trachsler; O. Kölbl; B. Meyer; F. Mahrer: Stichprobenweise Auswertung von Luftaufnahmen für die Erneuerung der Eidgenössischen Arealstatistik – Bericht über einen Versuch in verschiedenen Testgebieten der Schweiz. 98 S. Bern.

Bundesamt für Statistik (BFS) (2001): Arealstatistik Schweiz: Bodennutzung im Wandel. Farbbroschüre, 32 S. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS) (2004): Nationale Schutzgebiete und ihre Nutzung. In: Umweltstatistik Schweiz, Nr. 13. 32 S. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS) (2005): Arealstatistik Schweiz: Zahlen – Fakten – Analysen. 99 S. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS): Arealstatistik Schweiz: Zustand und Entwicklung der Landschaft Schweiz. Farbiges Leporello. Herausgabe jährlich seit 2007. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS); Burkhalter, J.; Sager, J (2003): Laubwald-Mischwald-Nadelwald – Walddifferenzierung mit digitalen Satellitendaten. 112 S. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (BFS); Sager, J. (2009): Schlussbericht Arealstatistik Fürstentum Lichtenstein, Teil 1: Methode, Arbeitspapier (unveröffentlicht), Neuchâtel.

WEB: www.landuse-stat.admin.ch

www.geostat.admin.ch (Geodaten)

Entwicklung von Indikatoren

Zersiedelung der Landschaft – Indikator und erste Ergebnisse

Werner Ackermann, Burkhard Schweppe-Kraft

Zusammenfassung

Der Indikator „Zersiedelung der Landschaft“ wurde für das Indikatorenset der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung entwickelt. Die Kernfrage ist: „Inwiefern erfolgt das aktuelle Siedlungswachstum in seiner räumlichen Struktur so kompakt, dass die Landschaft mit ihren Lebensräumen für Pflanzen und Tiere und die Erholungsflächen für den Menschen hiervon möglichst wenig belastet werden?“

Für die Berechnung des Indikators wird der Umfang des Freiraums außerhalb von Siedlungsflächen (Quelle: ATKIS DLM) mithilfe eines orthogonalen Linienrasters im Abstand von 100 m gemessen. Wegen der Störungen in Siedlungsnähe werden Bereiche nahe Siedlungsflächen bei der Summierung mithilfe einer Transformationsfunktion geringer gewichtet. Das Ergebnis wird als „effektive Freifläche“ bezeichnet. Durch den Vergleich der Werte aus den Jahren 2004, 2006 und 2008 lässt sich ermitteln, ob das Siedlungswachstum in Deutschland oder in einzelnen Regionen kompakter oder disperser erfolgt; ob das Siedlungswachstum die Zersiedelung der Landschaft also verstärkt oder verringert. Die aktuellen Ergebnisse zeigen eine leichte Verstärkung der Zersiedelung der Landschaft.

1 Einleitung

Mit der „Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt“ (BMU 2007) erfüllt Deutschland Artikel 6 des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity). Darin wird in B 2.7 „Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr“ das Problem der Verknappung und Verinselung der Lebensräume für Pflanzen und Tiere und der Erholungsflächen für die Menschen angesprochen. Neben dem bereits in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie entwickelten Ziel der Reduktion der täglichen Flächeninanspruchnahme von zuletzt 115 ha auf 30 ha im Jahre 2020, wird eine stärkere Lenkung der Flächeninanspruchnahme und der Bautätigkeit gefordert.

Für die regelmäßige Berichterstattung wurde ein Indikatorenset für die Strategie zur biologischen Vielfalt aufgestellt, das die Bewertung von Fortschritten ermöglichen soll. Der darin enthaltene Indikator „Zersiedelung der Landschaft“ „soll die Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt durch die räumliche Struktur der Siedlungstätigkeit beschreiben und somit die Indikatoren ‚Flächeninanspruchnahme: Zunahme Siedlungs- und Verkehrsfläche’ und ‚Landschaftszerschneidung’ ergänzen“ (BMU 2007, 130). Er wurde

im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens des Bundesamtes für Naturschutz von den Autoren gemeinsam entwickelt.

Der Indikator „Zersiedelung der Landschaft“ stellt als „Pressure-Indikator“ einen Bezug her zwischen den räumlichen Aspekten der Siedlungsentwicklung, wie sie in den Ressorts Raumplanung und Städtebau betrachtet wird (Dispersion, Konzentration, Verdichtungsräume, Peripherie, „Zwischenstadt“) und deren Wirkungen auf Biodiversität und andere betroffene Freiraumfunktionen.

2 Definition

Es gibt keine einheitliche Definition des Begriffs „Zersiedelung“ (Siedentop 2007). Zwar gibt es weltweit eine Vielzahl an bereits bestehenden Berechnungsmethoden, sie alle betrachten aber in erster Linie die Siedlungsfläche bzw. die Struktur der Siedlungsfläche und nur indirekt die Landschaft.

Wir betrachten hier die Zersiedelung mit dem Fokus auf die umgebende Landschaft, also die nicht besiedelten Flächen bzw. Freiraumflächen. Im Hinblick auf die Auswirkungen auf die biologische Vielfalt definieren wir die „Zersiedelung der Landschaft“ als „Beeinträchtigung der Funktion von Freiflächen durch die räumliche Struktur der Siedlungsflächenentwicklung“. Es wird dabei nicht der quantitative Verlust von Freiflächen durch Siedlungstätigkeit betrachtet – dies geschieht bereits mit dem Indikator Flächeninanspruchnahme – sondern qualitative Verluste von Freiraumfunktionen durch Randeffekte von Siedlungen (Störwirkungen) und durch die zunehmende Zergliederung und „Zerfransung“ von Freiräumen durch Siedlungsflächen. Beide Effekte mindern die Eignung von Freiflächen für Arten, die größere störungsarme Flächen benötigen. Sie können weiterhin Barriere-Effekte und Verinselungseffekte auslösen oder verstärken, die die Überlebensfähigkeit von Teilpopulationen und deren genetischen Austausch vermindern. Neben den genannten negativen Wirkungen auf die biotischen Elemente der biologischen Vielfalt, wird durch die genannten Effekte auch die Funktion von Lebensräumen und Landschaften für eine ruhige Erholung gemindert.

Im Gegensatz zu den Indikatoren Landschaftszerschneidung bzw. effektive Maschenweite (Esswein et al. 2003) oder dem Projekt „Landschaftszerschneidung in Sachsen“ (IÖR 2010) werden hier zielgerichtet nur die Auswirkungen des Siedlungswachstums betrachtet. Dadurch soll der Indikator gezielt die Ressorts Raumplanung und Städtebau ansprechen.

3 Aufbau

Die Datengrundlage für den Indikator bildet das ATKIS®-Basis-DLM (Maßstab 1:25 000). Aus dem Objektbereich 2000 Siedlung werden Ortslagen, baulich geprägte Flächen,

Bauwerke und sonstige Einrichtungen sowie Siedlungsfreiflächen als zu berücksichtigende Siedlungsflächen herangezogen (s. Tab. 1).

Tab. 1: Auswahl aus dem Objektbereich 2000 Siedlung des ATKIS®-Basis-DLM

GIS-Thema	Verwendete Inhalte
SIE01_F	Ortslagen
SIE02_F	baulich geprägte Flächen (Wohnbaufläche, Industriefläche, Fläche gemischter Nutzung, Fläche besonderer funktionaler Prägung, Freizeitanlage)
SIE03_F	Siedlungsfreiflächen (z. B. Sportanlage, Friedhof, Grünanlage, Campingplatz), außerstädtische Sportanlagen und Grünanlagen werden nicht berücksichtigt, da sie allenfalls in geringem Maße zu einer Verknappung oder Verinselung der Lebensräume für Pflanzen und Tiere oder der Erholungsflächen für Menschen beitragen (Gebäude sind als bebaute Bereiche ja bereits abgedeckt)
SIE04_F	Bauwerke und sonstiges Einrichtungen (u. a. Tagebau, Schornstein, Solarzellen, Schwimmbecken)
SIE06_F	Siedlungsfreiflächen (z. B. Stadion, Schießstand, Schwimmbad, Freizeitpark, aber auch Halde, Absetzbecken), analog zu den außerstädtischen Sport- und Grünanlagen bei den Siedlungsfreiflächen der Kennziffer 2200 wurden auch Golfplätze (Kennziffer 2230) nicht als Siedlungsflächen gewertet.

Mithilfe eines Linienrasters im Abstand von 100 m wird die Freifläche außerhalb von Siedlungsflächen des ATKIS®-Basis-DLM „vermessen".

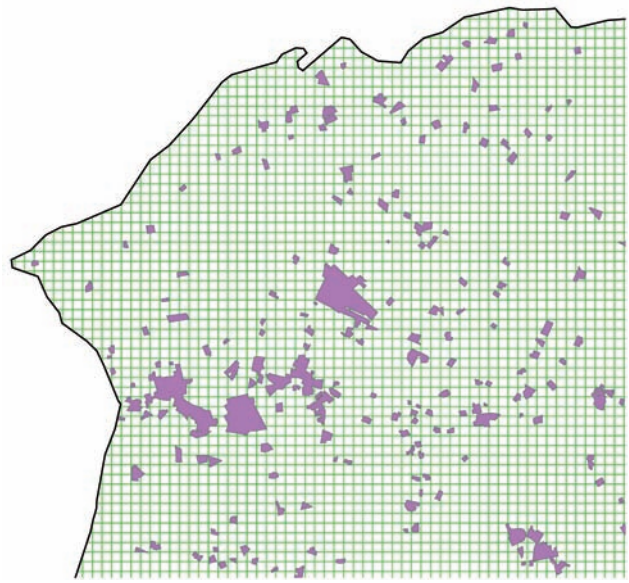


Abb. 1: Freiflächenlinien (Analyselinien außerhalb der Siedlungsflächen) im westlichen Niedersachsen

Die Summe der Linienlängen dieser „Freiflächenlinien“ (s. Abb. 1) ergeben in Relation zu der Länge des kompletten Linienrasters gesetzt den „Freiflächenanteil“.

$$\text{Freiflächenanteil} = \sum_{i=1}^{n} df_i \Big/ \sum_{j=1}^{m} d_j$$

df_i	=	Länge der Freiflächenlinie i im Gebiet
n	=	Anzahl aller Freiflächenlinien im Gebiet
d_j	=	Länge der Analyselinie j im Gebiet
m	=	Anzahl aller Analyselinien im Gebiet

Störeffekte, die von den Siedlungen ausgehen, führen dazu, dass klein gekammerte Flächen als Lebensraum für störungsempfindliche Arten und Arten mit großen Lebensraumansprüchen sowie für die landschaftsbezogene Erholung geringer geeignet sind als weniger stark zergliederte und „zerfranste“ Flächen, auch wenn die jeweils betrachteten Flächen in der absoluten Summe gesehen die gleiche Größe haben. Deshalb werden im nächsten Schritt die Freiflächenlinien entsprechend ihrer Länge transformiert. Die Transformation drückt dabei den Grad der Beeinträchtigung durch die Siedlungsstrukturen aus. Kurze Linien werden mithilfe der Transformation geringer gewichtet als lange Linien. Dies entspricht der oben dargestellten Annahme, dass die klein gekammerten Flächen bei gleicher absoluter Größe eine geringere Funktion besitzen als großräumig strukturierte Flächen.

Die gewählte Transformationsfunktion für die Linienlängen führt bei Linienlängen unter 1 km zu einer Verkürzung über 50 %, bei größeren Linienlängen unter 50 % (vgl. Abb. 2 und Tab. 2): Die maximale Verkürzung einer Linie beträgt 1 km, also theoretisch jeweils 500 m an jedem Ende der Linie.

$$t(df_i) = df_i - 1 + \frac{1}{df_i + 1}$$

df_i	=	Länge der Freiflächenlinie i

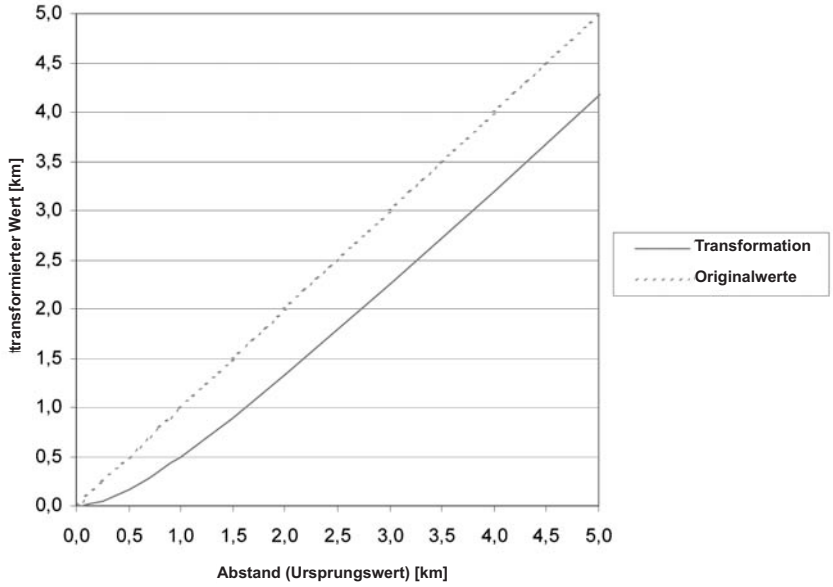


Abb. 2: Transformation der Linienlängen

Tab. 2: Beispiele für die Transformation der Linienlängen

Linienlänge (km)	Transf. Linienlänge	Linienlänge (km)	Transf. Linienlänge
0,010	0,000099	4,000	3,20
0,050	0,0024	5,000	4,17
0,100	0,0091	6,000	5,14
0,250	0,050	7,000	6,13
0,500	0,17	8,000	7,11
0,600	0,23	9,000	8,10
0,700	0,29	10,000	9,09
0,800	0,36	20,000	19,05
0,900	0,43	30,000	29,03
1,000	0,50	40,000	39,02
1,500	0,90	50,000	49,02
2,000	1,33	75,000	74,01
3,000	2,25	100,000	99,01

Die Summe der transformierten Freiflächenlinien ist ein Maß für die „effektive Freifläche". Sie misst die Freifläche nach Abzug von Rand- und Kammerungseffekten.

Um die verfälschende Wirkung der (künstlichen) Grenzen eines Untersuchungsgebietes auf das Ergebnis der Indikatorberechnung zu vermindern, wird eine „Randkorrektur" durchgeführt. Jede Freiflächenlinie, die an der Gebietsgrenze beginnt und an einer Siedlungsfläche endet, wird mit der an der gegenüberliegenden Seite des Untersuchungsgebiets endenden Freiflächenlinie zusammengefasst (Multipart-Linie) und dann die Summe der Länge der beiden Linien transformiert. Damit wird verhindert, dass die Gebietsgrenze wie eine umgebende Siedlungsfläche wirkt. Diese Form der Randkorrektur verringert außerdem den Einfluss der Lage der Siedlungsflächen im Gebiet auf das Gesamtergebnis. Freiflächenlinien, die überhaupt keine Siedlungsfläche treffen, werden nicht transformiert. Dies ist in Abbildung 3 mit verschiedenen Farben dargestellt:

Blaue Linien treffen im Gebiet keine Siedlungsfläche. Die Länge der blauen Linien bleibt durch die Transformation unverändert. Grüne Linien verlaufen immer zwischen dem Rand des Gebiets und einer Siedlungsfläche. Die beiden grünen Linienabschnitte einer Analyselinie durch das Gebiet werden zusammengefasst und als Multipart-Linie gespeichert, so dass bei der Transformation deren Linienlänge als Summe beider Teillinien eingeht. Rote Linien liegen zwischen zwei Siedlungsflächen und werden transformiert.

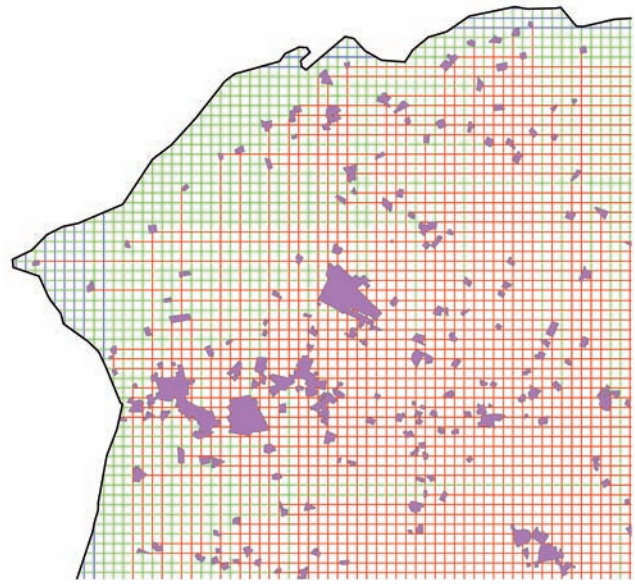


Abb. 3: Farbliche Darstellung der Freiflächenlinien für die Transformation und die Randkorrektur

4 Bildung von Indikatoren

Auf der Grundlage dieser Berechnungen lassen sich verschiedene Indikatoren bilden, die unterschiedliche Eigenschaften aufweisen:

Effektiver Freiflächenanteil:	$\frac{\text{Summe der transformierten Freiflächenlinien}}{\text{Summe der Analyselinien}}$
Freiflächeneffizienz:	$\frac{\text{Effektiver Freiflächenanteil}}{\text{Tatsächlicher Freiflächenanteil}}$
Veränderung der Freiflächeneffizienz:	Δ Freiflächeneffizienz (z. B. 2004 und 2006)
Effektiver Freiflächenverlust:	$\frac{\Delta \text{ effektive Freifläche}}{\Delta \text{ tatsächliche Freifläche}}$

Das Verhältnis zwischen den in einem Raum befindlichen gewichteten bzw. transformierten Freiflächendistanzen und den gesamten in einem Raum gemessenen nicht-transformierten Siedlungs- und Freiflächendistanzen wird als „**effektiver Freiflächenanteil**" bezeichnet. Die Werte des effektiven Freiflächenanteils sind jedoch abhängig von dem Anteil an Siedlungsflächen im betrachteten Gebiet.

Das Verhältnis zwischen der Länge der transformierten Freiflächenlinien und der Länge der nicht-transformierten Freiflächenlinien (effektive Freifläche im Verhältnis zur Freifläche) wird als „**Freiflächeneffizienz**" bezeichnet. Die Freiflächeneffizienz drückt aus, wie stark die betrachteten Freiflächenfunktionen (Lebensraumfunktion für störungsempfindliche Arten und Arten mit großen Lebensraumansprüchen, landschaftsbezogene Erholung) verhältnismäßig gesehen durch die räumliche Struktur der Siedlungen beeinträchtigt werden. Die Zahlenwerte bewegen sich theoretisch zwischen 0 und 1 und werden in Prozent ausgedrückt. Bei einer starken Zersiedelung erreichen sie Werte um 40 % und 50 %, bei wenig zersiedelten Gebieten liegen sie im Bereich von 80 % und 90 %. Da die Freiflächeneffizienz weitgehend unabhängig von dem Anteil an Siedlungsflächen im betrachteten Gebiet ist, ist dieser Indikator geeignet, unabhängig vom Siedlungsstrukturtyp (vgl. BBSR 2008) des betrachteten Gebiets eine vergleichbare Aussage zur Zersiedelung zu treffen.

Nun ist es aber nicht das Ziel eines „politischen" Indikators, das Ergebnis der historischen und nicht zuletzt auch geomorphologisch bedingten Stadtentwicklung zu vergleichen, sondern er zielt darauf ab, die aktuellen Entwicklungen zu bewerten. Aus diesem Grunde wird mit der „**Veränderung der Freiflächeneffizienz**" nur das betrachtet, was in einem konkreten Zeitraum (z. B. 4 Jahre) an Änderungen auftritt. Dabei wird nur die Zunahme von Siedlungsflächen, also nur das Siedlungswachstum berücksichtigt. Ein möglicher Siedlungsrückgang geht nicht in die Betrachtung ein. Dadurch ist eine theoretisch mögliche Verschlechterung des Indikators in Folge einer Rückumwidmung von Siedlungsflächen ausgeschlossen. Außerdem wird damit konkreter auf die Wirkungen der Neuinanspruchnahme von Freiflächen und die damit zusammenhängenden Entscheidungssituationen abgezielt. Der Fokus ist auf die Frage gerichtet, ob das Siedlungswachstum zu einer Verbesserung oder zu einer Verschlechterung der Freiflächeneffizienz

führt. Der erste Fall wäre in diesem Sinne ein – relativ gesehen – „kompaktes Siedlungswachstum“, der zweite ein „disperses Siedlungswachstum“.

Noch etwas anschaulicher erklärt der „**effektive Freiflächenverlust**“, also der Quotient aus der Veränderung der effektiven Freifläche und der Veränderung der Freifläche, die Auswirkung der Neuinanspruchnahme von Freiflächen. Läge ein Ergebniswert für den effektiven Freiflächenverlust z. B. bei drei, so hieße das, für einen Hektar neuer Siedlungsfläche gingen drei Hektar an effektiver Freifläche verloren. Läge der Wert bei 0,5, bedeutete dies, dass für einen Hektar neuer Siedlungsfläche nur ein halber Hektar an effektivem Freiraum verbraucht wurde. Wenn der Wert unter der aktuellen Freiraumeffizienz für Deutschland von (gerundet) 0,8 liegt (vgl. Abschn. 6), könnte man die Flächeninanspruchnahme wiederum als „kompaktes Wachstum“ ansehen, da es die Freiflächeneffizienz in Deutschland nicht verschlechtert. Werte darüber können dementsprechend als „disperses Wachstum“ betrachtet werden, das die Freiflächeneffizienz in Deutschland verschlechtert.

5 Berechnungen

Die Berechnungen wurden in ArcGIS Desktop 9.3 in einer Geodatabase durchgeführt. Durch Vereinigung der ausgewählten Siedlungsflächentypen der einzelnen ATKIS-Themen (s. Tab. 1) entstanden zunächst ca. 3 Mio. Polygone. Diese können durch Überlagerung und Entfernung unnötiger Linien wieder auf rund 635 000 Polygone reduziert werden. Für das Ausschneiden der Siedlungsflächen aus dem einmal konstruierten orthogonalen Linienraster, die für die Randkorrektur erforderliche Klassifikation der Freiflächenlinien (s. Abb. 3) sowie die Transformation der Linienlängen wurde ein VBA-Makro entwickelt. Dieses rechnet für die rund 44 000 Linien des Rasters und die 635 000 Polygone der Siedlungsflächen auf einem handelsüblichen PC mit 2,4 GHz-Prozessor und 3 GB RAM etwa 5-6 Stunden. Das Ergebnis sind rund 3,3 Mio. Freiflächenlinien mit einer Länge von rund 6,4 Mio. km, transformiert ergeben sich rund 5,1 Mio. km. Um differenziertere Aussagen zu ermöglichen, wurden die Berechnungen sowohl bundesweit als auch für die Planungsregionen und Landkreise/kreisfreien Städte durchgeführt.

6 Ausgewählte Ergebnisse

Am Beispiel der Regionen Magdeburg und Schleswig-Holstein Nord, die beide einen ähnlichen Anteil an Siedlungsflächen von rund 7,5 % aufweisen, kann man die Ergebnisse der Freiflächeneffizienz gut veranschaulichen. Während in der Region Magdeburg relativ kompakte Siedlungsflächen vorliegen, weist die Region Schleswig-Holstein Nord viele kleine, z. T. nebeneinander aufgereihte Siedlungen auf (s. Abb. 4). Im ersten Fall liegt die Freiflächeneffizienz bei ca. 85 %, im anderen Fall bei 75 %.

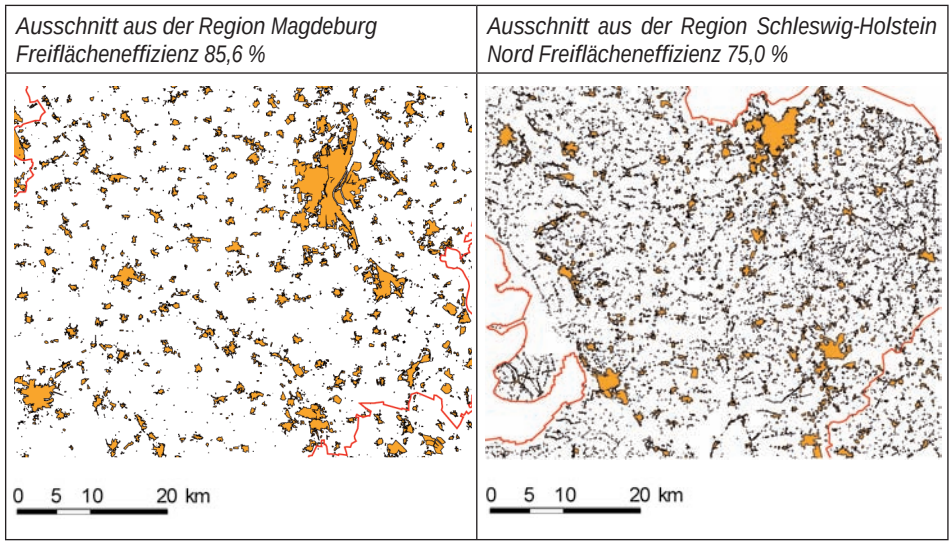


Abb. 4: Freiflächeneffizienz und Siedlungsstrukturen in den Regionen Magdeburg und Schleswig-Holstein Nord

Um Veränderungen aufzeigen zu können, wurden alle Berechnungen anhand der ATKIS-Daten mit dem Stand 2004, 2006 und 2008 vorgenommen. In diesem Zeitraum erkennt man bei zurückgehendem Siedlungswachstum dennoch einen gleich bleibenden Verlust an Freiflächeneffizienz (s. Tab. 3). Demnach erfolgte zwischen 2006 und 2008 das Siedlungswachstum noch disperser als zwischen 2004 und 2006. Ein Vergleich der verschiedenen Datenstände des ATKIS bringt auch eine gewisse Unsicherheit mit sich, da es in den Bundesländern in diesem Zeitraum eine Reihe von Umwidmungen gab, die das Ergebnis verfälschen können. Für die Betrachtung Deutschlands oder größerer Regionen dürften diese Umwidmungen keine größeren Auswirkungen auf die Aussage des Indikators haben.

Tab. 3: Vergleich der Ergebnisse in den Jahren 2004, 2006 und 2008

Jahr	Siedlungsfläche	Δ Siedlungsfläche	Freiflächeneffizienz	Δ Freiflächeneffizienz
2004	36 169,83 km²	–	79,54 %	–
2006	36 795,55 km²	625,72 km²/ 1,73 %	79,11 %	- 0,43 %
2008	36 966,82 km²	171,28 km²/ 0,47 %	78,67 %	- 0,44 %

Als Zielwert für die Zersiedelung der Landschaft wird zumindest ein Aufrechterhalten der aktuellen Freiflächeneffizienz gefordert. Neue Siedlungsflächen müssten dann so angelegt werden, dass der Wert der Freiflächeneffizienz nicht verschlechtert wird. Die formal gesehen geringen Wertunterschiede beim Rückgang der Freiflächeneffizienz erscheinen jedoch wenig geeignet, um sie in einem Indikator Politikern und Bürgern zu präsentieren. Außerdem wird kein Bezug zu den verantwortlichen Akteuren hergestellt.

Als bevorzugte Indikatorversion wird daher der Anteil der Gebietskörperschaften oder der Regionen mit „kompaktem" Siedlungswachstum vorgeschlagen. Kompakt ist dabei definiert als effektiver Freiflächenverlust < 0,8 (s. o.). Bei einem solch kompakten Siedlungswachstum wird die Freiflächeneffizienz Deutschlands nicht weiter verschlechtert.

Dass dies durchaus möglich ist, zeigen die Vergleiche der Gebietskörperschaften: zwischen 2004 und 2006 wiesen immerhin 17 % der Gebietskörperschaften ein kompaktes Siedlungswachstum auf, der Wert ging im Zeitraum 2006 bis 2008 auf 10 % zurück. Abbildung 5 zeigt im Vergleich die Veränderung der Freiflächeneffizienz in den Städten Schwerin und Mainz im Zeitraum 2004 bis 2008. In beiden Fällen liegt der Zuwachs an Siedlungsflächen bei rund 0,4 %. Durch die Lage der neuen Siedlungsflächen verbesserte sich in Schwerin die Freiflächeneffizienz um 0,7 Prozentpunkte, in Mainz verschlechterte sich die Freiflächeneffizienz durch zwei eher isoliert liegende neue Siedlungsflächen um 2 Prozentpunkte. Dies zeigen auch die Werte für den effektiven Freiflächenverlust: in Schwerin lag er bei 0,7, in Mainz bei 1,6.

Man muss beachten, dass bei der Betrachtung von kleineren Gebietskörperschaften wie Städten und Landkreisen im Gegensatz zur Betrachtung von Regionen Umwidmungen im ATKIS leichter zu starken Änderungen des Ergebnisses führen können. Bezogen auf ganz Deutschland sollten die ATKIS-Umwidmungen hingegen keinen großen Einfluss haben.

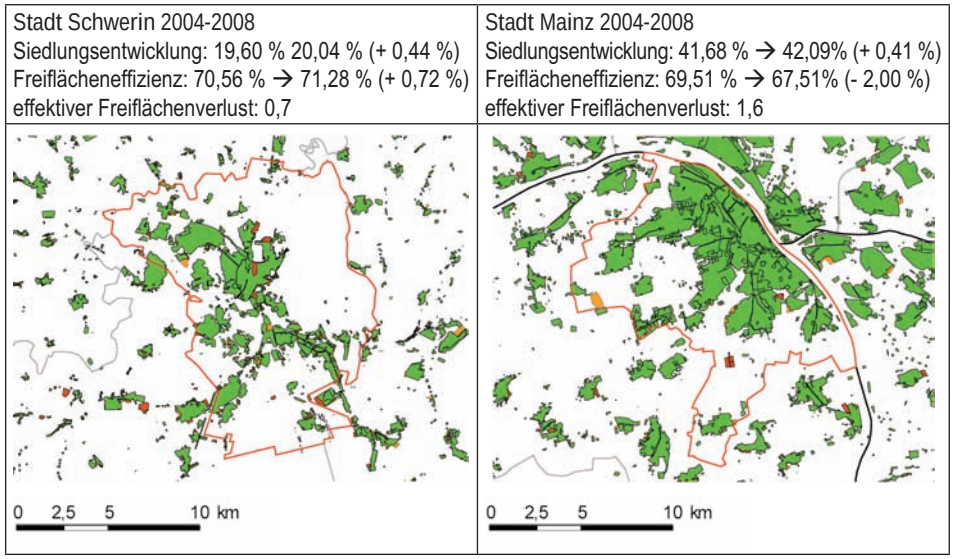


Abb. 5: Veränderungen der Freiflächeneffizienz von 2004 bis 2008 in den Städten Schwerin und Mainz (grün: bestehende Siedlungsflächen, orange und rot: neue Siedlungsflächen 2006 bzw. 2008)

6 Fazit

- Der Indikator kann für sich betrachtet die Entwicklung der Zersiedelung der Landschaft ohne innere Widersprüche quantitativ darstellen.
- Die Berücksichtigung über die Siedlungsflächen hinaus gehender Wirkungen ergänzt den Indikator „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche".
- Durch den indirekten Bezug zum Leitbild einer multizentrischen Entwicklung ist er anschlussfähig zu anderen Politikfeldern.
- Er stellt damit eine weitere Grundlage für eine wirksame Politik zur Eindämmung des Landschaftsverbrauchs dar.
- Der Indikator ist kein Universalindikator für die Funktion eines Raums für den Naturschutz überhaupt.
- Er stellt nur eine einzelne Einflussgröße dar.
- Andere Faktoren wie Biotoptypenzusammensetzung, Intensität der Flächennutzung, Lebensraumvernetzungen, Artenvorkommen sind ebenso wichtig und bei Planungsentscheidungen parallel zu betrachten.

Der Indikator wird aufgrund von entstandenen Unsicherheiten über Details der Ausgestaltung und den Bezug zum 30 ha Ziel im aktuellen Indikatorbericht der Strategie zur biologischen Vielfalt noch nicht enthalten sein. Es wird aber eine Weiterentwicklung geben mit dem Ziel, ihn in den Bericht 2012 aufzunehmen.

7 Literatur

Baier, H.; Erdmann F.; Holz, R.; Waterstraat, A. (2006): Freiraum und Naturschutz. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 692 S.

BBSR (2008): Siedlungsstrukturelle Regionstypen. URL (Datum: 20.08.10): http://www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_103086/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Werkzeuge/Raumabgrenzungen/SiedlungsstrukturelleGebietstypen/Regionstypen/regionstypen.html

BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. In: Reihe Umweltpolitik, (Hrsg.) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 178 S.

Esswein, H.; Jaeger, J.; Schwarz, H.-G.; Raumer, V. (2003): Der Grad der Landschaftszerschneidung als Indikator im Naturschutz: Unzerschnittene verkehrsarme Räume (UZR) oder effektive Maschenweite (meff)? In: NNA-Berichte 16(2): S. 55-70.

European environment agency (2006): Urban sprawl in Europe: The ignored challenge. In: EEA Report No 10, European Environment Agency, Copenhagen, 56 S.

Heiland, S.; Reinka, M.; Siedentop, S.; Draeger, T.; Knigge, M.; Meyer-Ohlendorf, N.; Blobel, D. (2006): Beitrag naturschutzpolitischer Instrumente zur Steuerung der Flächeninanspruchnahme. In: BfN-Skripten 176, Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn-Bad Godesberg.

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.) (2006): Landschaftsqualitäten. Bern/Stuttgart/Wien, Haupt Verlag, S. 159-184.

Jaeger, J. A. G., Bertiller, R.; Schwick, C.; Kienast, F. (2009a): Suitability criteria for measures of urban sprawl. In: Ecological Indicators, in Druck. DOI: 10.1016/j.ecolind.2009.07.007

Jaeger, J. A. G.; Bertiller, R.; Schwick, C., Cavens, D.; Kienast, F. (2009b): Urban permeation of landscapes and sprawl per capita: New measures of urban sprawl. In: Ecological Indicators, in press. DOI: 10.1016/j.ecolind.2009.07.010

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR) (2010): Landschaftszerschneidung in Sachsen. URL (Datum: 20.08.10): http://www.ioer.de/langzeitmonitoring_uzf/ansatz.html

Siedentop, S. (2007): Monitoring Urban Sprawl in Germany – Towards a GIS-based Measurement and Assessment Approach. In: Proceedings of the IALE World Congress, Wageningen (NL), July 8-12th.

Siedentop, S., Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele (Nachhaltigkeitsbarometer Fläche). In: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Reihe „Forschungen“, Band 130. Bonn, 156 S. + Anhang.

Spitzer, W. (2007a): Zersiedelung – Quantifizierung eines mehrdimensionalen Begriffs. In: Diplomarbeit an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg. 143 S., Salzburg.

Spitzer, W. (2007b): Räumliche Indikatoren zur Analyse von Zersiedelung. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik, Wichmann Verlag, Heidelberg: S. 752-761.

Monitoring von Kleinstrukturen – Berechnung des Anteils von Wiedererholungsflächen auf der Basis von ATKIS

Ralf Neukampf

Zusammenfassung

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in der Landwirtschaft erfordert ein Risikomanagement, um den Einfluss von Pflanzenschutzmaßnahmen auf den Naturhaushalt zu minimieren. Um dieses sicherzustellen, erfolgt u. a. die Zulassung mit Auflagen, welche die Einhaltung von Abständen zu Landschaftselementen und/oder die Verwendung abdriftmindernder Technik bei der Anwendung von PSM fordern. Um den bestehenden regionalen Unterschieden bzgl. der Naturraumausstattung und damit verbundenen Wiedererholungspotenzial für Nichtzielorganismen Rechnung zu tragen, werden diese Auflagen entsprechend modifiziert. Dazu wurde ein gemeindebezogenes Verzeichnis „Kleinstrukturenanteile" erarbeitet und im Bundesanzeiger veröffentlicht. In diesem Verzeichnis wird für jede Gemeinde Deutschlands dargestellt, ob der Anteil von naturbetonten Kleinstrukturen (Istwert) über oder unter dem für die Gemeinde auf Basis der regionalen Pflanzenschutzintensität berechneten Sollwert liegt.

1 Einleitung

Das Verzeichnis der regionalisierten Kleinstrukturanteile ist ein Bestandteil des Risikomanagements bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln für die Landwirtschaft. Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln erfolgt in Deutschland durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Weitere am Zulassungsprozess beteiligte Bundesbehörden sind das Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und das Umweltbundesamt (UBA). Eines der Hauptziele des Zulassungsprozesses ist der Schutz des Naturhaushaltes. Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln hat so zu erfolgen, dass es keine langfristigen Auswirkungen auf den Naturhaushalt gibt. Um dieses sicherzustellen, erfolgt u. a. die Zulassung mit Auflagen, welche die Einhaltung von Abständen zu Landschaftselementen und/oder die Verwendung abdriftmindernder Technik bei der Anwendung von PSM fordern. Ein weiterer Weg ist die Berücksichtigung des Wiedererholungspotenzials innerhalb einer Agrarlandschaft. In diesem Fall wird der Umfang driftmindernder Maßnahmen durch den Anteil naturnaher Kleinstrukturen eines Agrarraums mitbestimmt.

Durch die beteiligten Bundesbehörden wurde daher 2002-2004 das Verfahren zur Erzeugung des Verzeichnisses der regionalisierten Kleinstrukturanteile entwickelt, welches eine im Bundesanzeiger veröffentlichte Listung aller Gemeinden Deutschlands darstellt

(siehe Gutsche, Enzian 2002, 92 ff.). Es wird für jede Gemeinde auf der Basis des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) der Landesvermessungsämter und des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) ein Anteil von relevanten Kleinstrukturen ermittelt. Da nicht alle Strukturen direkt aus ATKIS zu bestimmen sind, können diese durch die Landespflanzenschutzbehörden nach der Feststellung der Relevanz nachgemeldet werden. Die Summe beider Werte stellt den Istwert dar. Der Sollwert errechnet sich aus der Intensität des Pflanzenschutzes in der jeweiligen Gemeinde. Dieses erfolgt auf der Basis der kulturspezifischen Anbauflächen und der im Projekt „Netzwerk zur Ermittlung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in unterschiedlichen Naturräumen Deutschlands“ (NEPTUN) im Jahr 2000 (siehe Roßberg et al. NEPTUN 2000) ermittelten regionalen Behandlungsintensität für die jeweilige Ackerbaukulturart sowie durch Expertenschätzungen für die nicht betrachteten Kulturen.

Es gilt zu beachten, dass eine Reihe von Definitionen in dem Verfahren primär auf der Einigung der beteiligten Bundesbehörden beruhen, nicht immer den gängigen Definitionen entsprechen und den unterschiedlichen Motivationen der Beteiligten geschuldet sind. Es galt eine Lösung zu finden, welche sowohl den politischen Interessen, als auch der Praktikabilität für die Landwirtschaft entspricht.

Das Verzeichnis stellt einen gemeindebezogenen Vergleich des Ist- und Sollwertes bzgl. Wiedererholungsflächen in der Agrarlandschaft dar. Bei ausreichendem Anteil gelten modifizierte, geringere Auflagen bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln. Die Aktualisierungen des Verzeichnisses werden jährlich im Bundesanzeiger veröffentlicht.

Die Abbildung 1 liefert einen Überblick über die am Verfahren beteiligten Institutionen und zum Ablauf des Verfahrens.

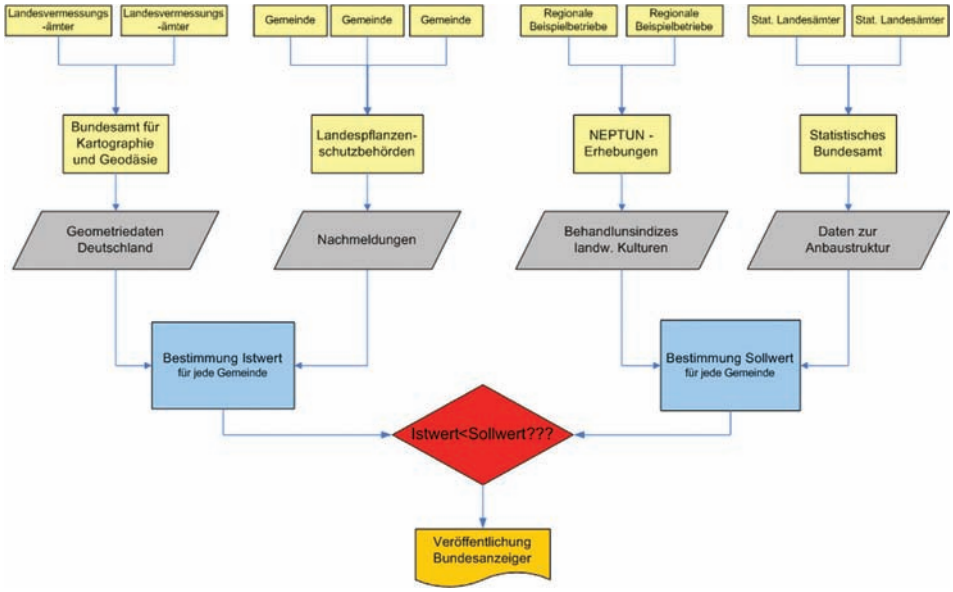


Abb. 1: Schematische Darstellung des Verfahrens „Verzeichnis der regionalisierten Kleinstrukturanteile"

2 Ziel

Ausgangspunkt der Bemühungen war die Umsetzung der EU-Richtlinie 91/414/EWG in nationales Recht. Inhalt der Richtlinie ist die Sicherstellung des Schutzes von Nichtzielorganismen bei der Pflanzenschutzmittelanwendung. Das heißt, für die der landwirtschaftlichen Nutzfläche benachbarten Flächen dürfen keine unvertretbaren Auswirkungen auftreten.

Umgesetzt wurde dieses in einem ersten Schritt im Jahr 2000 durch die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln mit deutschlandweit einheitlichen bußgeldbewehrten NT-Auflagen (NT = non target), welche sich ausschließlich auf Abstände und die Verwendung von abdriftmindernder Technik bezogen.

Da dieses nach Meinung der Beteiligten nicht den natürlichen Gegebenheiten regionaler Unterschiede entsprach, wurde bis 2004 das Verzeichnis der regionalisierten Kleinstrukturanteile entwickelt und die Auflagen derartig verändert, dass bei einem ausreichendem Anteil von Wiedererholungsflächen weniger starke Auflagen einzuhalten sind: „… Bei der Anwendung des Mittels ist ferner die Einhaltung eines Abstands von 5 m nicht erforderlich, wenn die Anwendung des Mittels in einem Gebiet erfolgt, das von der Biologischen Bundesanstalt im „Verzeichnis der regionalisierten Kleinstrukturanteile"…, als Agrarlandschaft mit einem ausreichenden Anteil an Kleinstrukturen ausgewiesen

worden ist…“ (Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1 2010, 352). Ziel des Verfahrens ist, die Realisierung einer Flexibilisierung von Anwendungsbestimmungen durch die Berücksichtigung regionaler Unterschiede zu erreichen.

3 Daten – Warum ATKIS?

Für die Berechnung des Ausstattungsgrades an Kleinstrukturen war es notwendig, einen Datenbestand zu verwenden, der für Deutschland flächendeckend vorhanden war und der die Lage der einzelnen Strukturelemente zueinander abbildet. Diese Anforderungen wurden 2002/2003 von den für das JKI verfügbaren Datenbeständen nur vom ATKIS Basis-DLM erfüllt. Das Basis-DLM wird von den Landesvermessungsämtern und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) geführt. Die Datenaktualisierung erfolgt in regelmäßigem Turnus durch die Landesämter und das BKG übernimmt die Datenharmonisierung und gibt die Daten für Deutschland flächendeckend ab.

4 Warum Gemeindebezug?

In der ersten Version des Kleinstruktur-Verzeichnisses aus dem Jahr 2003 wurden die Ergebnisse auf der Basis von Naturraumeinheiten ermittelt (Gutsche, Enzian 2002, 93). Die Diskussionen der Beteiligten und Betroffenen ergaben, dass dieser Bezugsrahmen zu großflächig war (Gutsche, Enzian 2004, 306 f.). Innerhalb der Regionen gab es eine viel zu große Varianz und an den Grenzen der Naturraumeinheiten entstanden bei sehr ähnlich ausgestatteten Gemeinden zu große, nicht zu begründende Sprünge. Des Weiteren förderte die Größe dieser Regionen nicht das Engagement der Landwirte ihre Umgebung mit mehr Kleinstrukturen auszustatten, da einzelne Gemeinden selbst bei optimaler Ausstattung nicht den Mangel anderer ausgleichen konnten. Nach umfangreichen Diskussionen im Jahr 2003 erfolgte eine Neuberechnung auf der Basis von Gemeindegrenzen.

5 Hintergrund Sollwertberechnung

Der Anteil der notwendigen naturbetonten Wiedererholungsflächen (Sollwert) wird auf der Basis des Anbauumfangs und der Pflanzenschutzintensität der Gemeinden bestimmt (Gutsche, Enzian 2004, 302). Ursprünglich forderte der Sachverständigenrat (Sachverständigenrat für Umweltfragen 1985, 423) durchschnittlich 10 % der Fläche der agrarischen Kulturlandschaft für naturbetonte Biotope, um die Voraussetzungen für eine Neuansiedlung der für die Agrarlandschaft typischen Arten zu schaffen. Dieses stellt lediglich einen Durchschnittswert dar und hat eine Modifikation dahingehend erfahren, dass dieser Wert je nach Pflanzenschutzintensität zwischen 5 % und 20 % schwanken kann.

6 Die Bestimmung des Biotopindexes (="Istwert")

6.1 Kleinstrukturflächen aus dem ATKIS Basis-DLM

Die Bestimmung des Istwerts erfolgt in zwei Schritten, einem ersten, rein computerbasierten, in welchem mit der GIS-Software ESRI ArcInfo aus dem ATKIS Basis-DLM Kleinstrukturen abgeleitet werden und einem zweiten, in dem die Landespflanzenschutzbehörden die nicht aus dem Datenbestand ableitbaren Kleinstrukturen nachmelden.

Bei der GIS-gestützten Ermittlung wird zunächst der Agrarraum der jeweiligen Gemeinde bestimmt. Die ausschließliche Betrachtung des Agrarraums und der darin enthaltenen Kleinstrukturen resultiert aus der Annahme, dass nur Wiedererholungseffekte von nicht zu weit entfernten Kleinstrukturen ausgehen können. Als Agrarraum wurde die landwirtschaftliche Nutzfläche plus ein zugehöriger 500 m-Puffer definiert. Als landwirtschaftliche Nutzflächen gelten im Verfahren aufgrund von Einigungen der Beteiligten Ackerflächen, Gartenland und Sonderkulturen. Bei solchen Flächen wird erwartet, dass auf ihnen Pflanzenschutzmaßnahmen stattfinden.

Im nächsten Schritt wird die Größe der flächenförmigen Kleinstrukturen im Agrarraum, wie zum Beispiel Gehölze, kleine Wäldchen (< 1 ha), Heide, Moor usw., ermittelt. Übergänge zwischen Flächen mit unterschiedlichen Nutzungsformen (Ökotone) werden als linienförmige Kleinstrukturen angesehen. Jedem dieser Nutzungsübergänge wird eine typische Saumbreite in Abhängigkeit von der Art der benachbarten Flächen zugeordnet (Gutsche, Enzian 2002, 93 f.; Golla et al. 2002, 56 ff.). Diese Ökotone werden in der Regel landwirtschaftlich nicht genutzt und können eine erhebliche Breite aufweisen. Des Weiteren zeichnen sie sich häufig durch eine für den Agrarraum wichtige Artenvielfalt aus (siehe Golla et al. 2002, 82 ff.). Die jeweilige Länge dieser Übergänge wird aus dem ATKIS Basis-DLM bestimmt und mit der definierten Breite dieses Übergangs multipliziert. Die Definition dieser Saumbreiten erfolgte auf der Basis von mehr als 45 000 Auswertungen von Luftbildern und 450 Freilandmessungen.

6.2 Kleinstrukturflächen aus Nachmeldeverfahren

Nicht alle für die Berechnung der Kleinstrukturanteile relevanten Flächen lassen sich aber aus dem Basis-DLM identifizieren. In solchen Fällen bedarf es der Sachkenntnis vor Ort. Entsprechende Nachmeldungen durch Landwirte, Berater oder anderer befugter Personen werden von den Landespflanzenschutzbehörden der Bundesländer auf Relevanz und Richtigkeit geprüft und ggf. an das JKI weitergeleitet.

Typische Beispiele für solche Flächen sind:

- extensives oder nicht genutztes Grünland (ohne Düngung und Pflanzenschutz)
- Gewässerrandstreifen an Ackerflächen, Gemüse oder Sonderkulturen
- aufgelassene (nicht mehr genutzte) Weinbauflächen
- flächenförmige Kleingehölze unter 0,1 ha
- neu angelegte Kleingehölzflächen
- linienförmige Gehölze (Hecken)
- a) als Anpflanzungen zwischen zwei landwirtschaftlichen Flächen ohne Weg
  b) Hecken (Gehölze) entlang eines Weges, wenn diese eine Breite von 6 m überschreiten

Die Nachmeldung dieser Flächen muss unbedingt Angaben zur Lage der Flächen enthalten, damit geprüft werden kann, ob sie sich im Agrarraum befinden und damit anerkennungsfähig sind.

6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Größe der flächenförmigen, linienförmigen und der sich aus dem Nachmeldeverfahren ergebenden Wiedererholungsflächen wird zusammengefasst und zur landwirtschaftlich genutzten Fläche ins Verhältnis gesetzt. Durch den Vergleich dieses Istwertes mit dem für die Gemeinde ermittelten Sollwert wird bestimmt, ob eine ausreichende Anzahl von Wiedererholungsflächen vorhanden ist.

7 Verwendete Werkzeuge

Für das Geoprozessing wurde die GIS-Software ESRI ArcInfo eingesetzt. Aufgrund der zu verarbeitenden Datenmenge wurden AML-Skripte erstellt. Insbesondere durch die Beschränkungen der Computerrechengeschwindigkeit war die Aufgabe nur durch die Erstellung eines selbständig laufenden Programms zu lösen. Die erste vollständige Berechnung der gemeindespezifischen Biotop-Indizes auf einem Standard-PC dauerte sechs Monate.

In der aktuellen Fassung erfolgen die Berechnungen mit einer Kombination aus AML und Python. Das Programm wurde hinsichtlich Laufzeit-Verhalten optimiert. Außerdem wurde es so gestaltet, dass sehr große Datenmengen in „verarbeitungsfähigere“ Teile gesplittet werden können und dass bei Unterbrechungen (Stromausfall, PC- oder Netzwerk-Problemen, „gewollte Unterbrechungen“, usw.) eine problemlose Fortsetzung ohne Verlust der bis dahin erzielten Ergebnisse möglich ist.

Die Einbeziehung der Nachmeldungen und die Berechnungen der Soll- und Istwerte und deren Vergleich sowie die Ausgabe der Berichte erfolgt in Microsoft Access unter Verwendung von VBA.

8 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnungen werden vom BVL jährlich einmal im Bundesanzeiger veröffentlicht. Im Fall einer vollständigen Neuberechnung werden für alle Gemeinden Ist-, Sollwert und (im Falle einer Unterschreitung des Sollwertes durch den Istwert) die fehlende Fläche an Kleinstrukturen [ha] aufgelistet. In den Jahren, in denen sich Veränderungen nur durch Nachmeldungen von Kleinstrukturanteilen ergeben, werden nur die Gemeinden aufgeführt, die vom Status „nicht erfüllt" in den Status „erfüllt" wechseln (vgl. Abb. 2).

Bundesamt für
Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit

4. Ergänzung des Verzeichnisses der regionalisierten Kleinstrukturanteile für Gemeinden (Nachtrag 2008)

Mit der Bekanntmachung Nr. 08/02/06 vom 11. April 2008 ist im Bundesanzeiger folgende 4. Ergänzung der Bekanntmachung Nr. 04/02/13 erschienen:

Land: **Bayern**

Kreis: *Erding*

Ortskennzahl	*Gemeindename*
9177133	Oberding

Land: **Brandenburg**

Kreis: *Barnim*

Ortskennzahl	*Gemeindename*
12060028	Blumberg
12060224	Seefeld
12060272	Weesow

Kreis: *Oberspreewald-Lausitz*

Ortskennzahl	*Gemeindename*
12066088	Groß Jehser

Kreis: *Ostprignitz-Ruppin*

Ortskennzahl	*Gemeindename*
12068072	Dabergotz
12068092	Dierberg
12068104	Dranse
12068416	Stüdenitz

Kreis: *Potsdam-Mittelmark*

Ortskennzahl	*Gemeindename*
12069348	Lobbese
12069364	Lünow

Abb. 2: Auszug aus dem Bundesanzeiger (Quelle: Bundesanzeiger 2008)

Bei den Ergebnissen ist zu beachten, dass Gemeinden mit einer Landwirtschaftsfläche kleiner 5 ha von den Berechnungen ausgeschlossen werden und per Definition als generell erfüllt gelten. Derzeit liegen die Ergebnisse ausschließlich in Textform vor.

Als Zwischenergebnis liegt, wie in der Abbildung 3 zu sehen ist, für jede Gemeinde der Istwert vor.

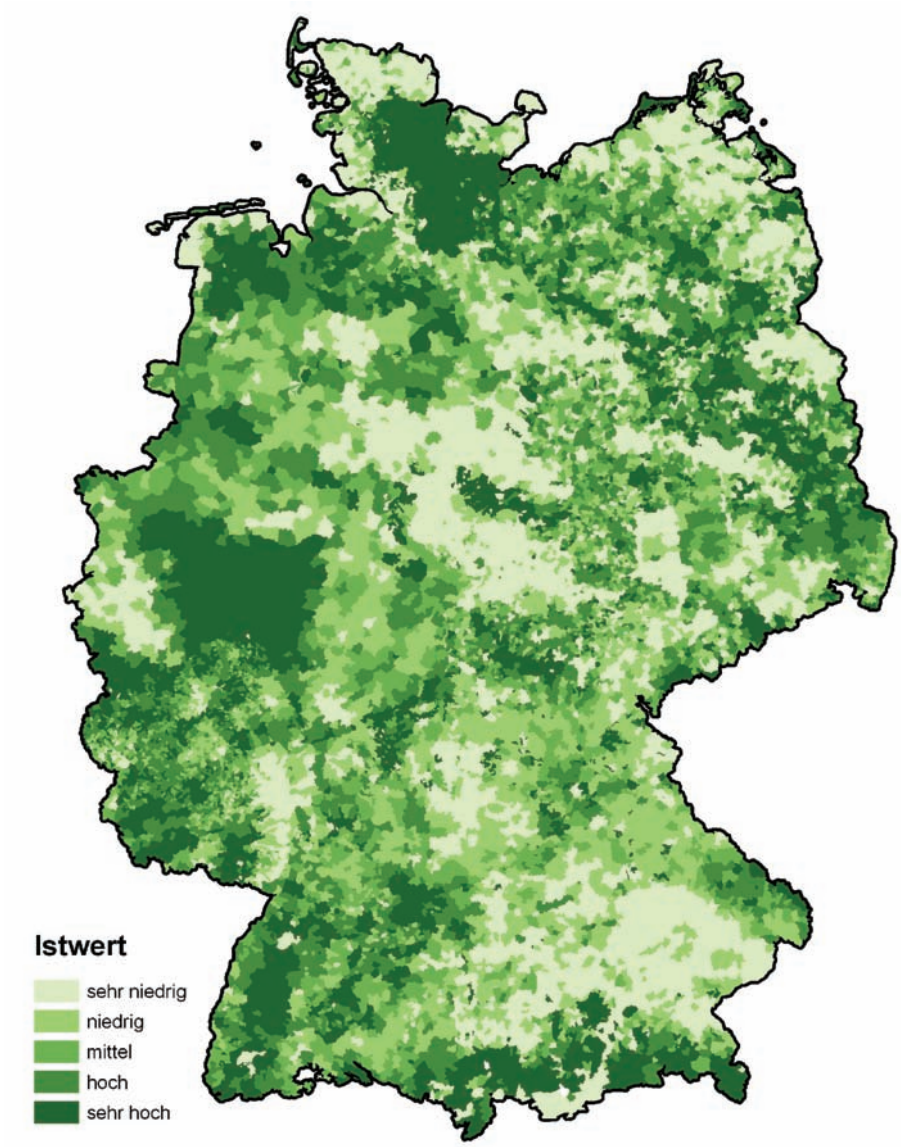


Abb. 3: Istwerte Kleinstrukturen der Gemeinden (Stand 2008)

Von den betrachteten 13 913 Gemeinden (Basis: Gemeindeverzeichnis 2000) weisen zurzeit (Stand 2010) 11 675 Gemeinden einen höheren Istwert als den vorgegebenen Sollwert auf. Das entspricht 83,9 % aller Gemeinden (siehe Abb. 4). Die Landwirte in diesen Gemeinden können bei der Anwendung von PSM die entsprechend reduzierten Auflagen nutzen. Bei Gemeinden, welche aufgrund von Verwaltungsreformen zusammengeschlossen wurden, gelten derzeitig die Verwaltungsgrenzen des Jahres 2000 weiter.

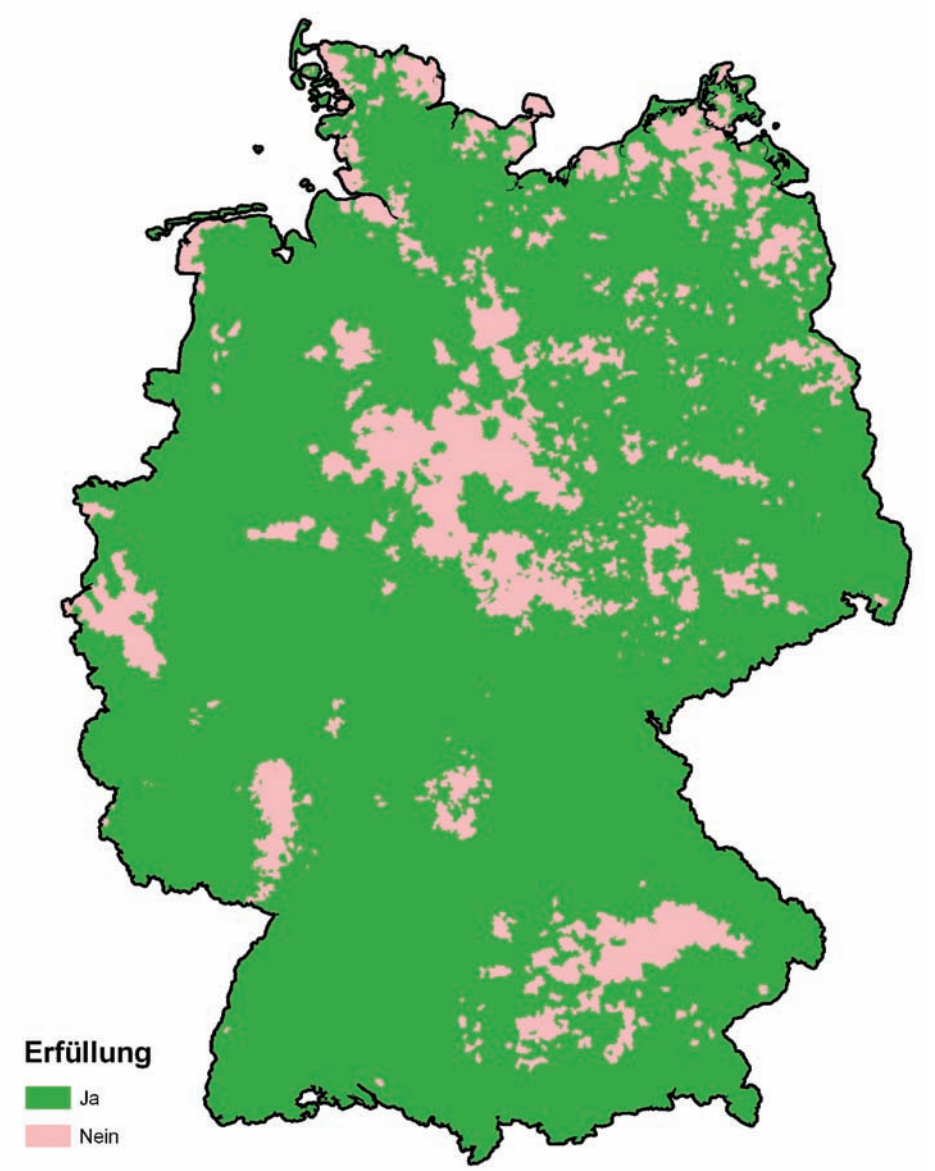


Abb. 4: Vorhandensein eines ausreichenden Anteils an Kleinstrukturen (Stand 2010)

9 Diskussion und Ausblicke

Das Verfahren hat sich in seiner jetzigen Form als Teil des Zulassungsprozesses bewährt. Es hat sowohl bei den beteiligten Behörden, als auch bei den Landwirten Akzeptanz gefunden. Wie sich im Prozess der Nachmeldungen zeigte, wurde eine Umsetzung von Verordnungen mit einem Bezug zu regionalen Gegebenheiten als sinnvoller einge-

schätzt, als eine deutschlandweit einheitliche Regelung. Ein weiteres Ziel, der Erhalt und die Neuanlage von Wiedererholungsflächen wurde in Verbindung zum Nachmeldeverfahren durchaus aufgegriffen. Es ist aber anzumerken, dass dieses hauptsächlich in Gemeinden erfolgt, welche relativ nah an der Erfüllungsgrenze sind, bei denen ein gewisser politischer Wille vorhanden ist oder in welchen umfangreiche Ausgleichspflanzungen für die Bebauung in Nachbargemeinden erfolgt sind.

Es hat sich aber auch gezeigt, dass das Verfahren einer Überarbeitung und Anpassung an die aktuellen Gegebenheiten bedarf. So ist u. a. zu entscheiden, ob deutschlandweit immer der relativ einheitliche Datenbestand ATKIS Basis-DLM verwendet werden soll, oder ob für Gebiete mit aktuelleren und/oder genaueren Daten diese zur Berechnung herangezogen werden können. Aus der Nutzung des ATKIS Basis-DLM ergaben sich Probleme, wie zum Beispiel doppelt erfasste Objekte oder aufgrund der Erfassungsvorschriften nicht erfasste Objekte, da diese zu klein waren. Des Weiteren wäre eine höhere Datenaktualität (gerade in den ländlichen Räumen) wünschenswert.

Weitere Notwendigkeiten zu Weiterentwicklung ergeben sich aus der zeitlichen Entwicklung sowohl der landwirtschaftlichen Nutzung, als auch den umfangreichen Reformen bzgl. der Verwaltungsgrenzen in den Ländern. Diese führen zu immer größeren Verwaltungseinheiten, welche die Gegebenheiten vor Ort nicht mehr adäquat darstellen. Es ist zu prüfen, ob zukünftig zu kleineren Bezugseinheiten übergegangen werden sollte. Dieses würde darüber hinaus die Bereitschaft der Landwirte stärken, Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung des Agrarraums vorzunehmen und daraus unmittelbar zu profitieren.

Da sich das Verfahren als sinnvoll und tragbar erwiesen hat, diskutieren die am Verfahren beteiligten Behörden zurzeit dessen Weiterentwicklung.

10 Literatur

Bundesanzeiger Nr. 56 (2008): 4. Ergänzung der Bekanntmachung Nr. 04/02/13 – Neufassung des Verzeichnisses regionalisierter Kleinstrukturanteile.

Golla, B.; Enzian, S.; Jüttersonke, B.; Gutsche, V. (2002): Entwicklung und Testung eines GIS-gestützten Verfahrens zur Erstellung thematischer Risikokarten als Grundlage für die Differenzierung von Anwendungsbestimmungen zum Schutz des Naturhaushaltes beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.

Gutsche, V.; Enzian, S. (2002): Quantifizierung der Ausstattung einer Landschaft mit naturbetonten terrestrischen Biotopen auf der Basis digitaler topographischer Daten, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 54, Stuttgart.

Gutsche, V.; Enzian S. (2004): GIS-gestützte Berechnung der Ausstattung von Agrarräumen mit naturnahen terrestrischen Biotopen auf der Basis der Gemeinden – 2. Ausgabe des Verzeichnisses der regionalisierten Kleinstrukturanteile, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 56, Stuttgart.

Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1 2010: Ackerbau – Wiesen und Weiden – Hopfenbau – Nichtkulturland (2010): NT108, 58, Braunschweig.

Roßberg, D.; Gutsche, V.; Enzian, S.; Wick, M. (2002): NEPTUN 2000 – Erhebung von Daten zum tatsächlichen Pflanzenschutzmitteleinsatz im Ackerbau Deutschlands, Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt, Heft 98.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft, Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, BT-Drucksache 10/36113, Ziffer 1214 bis 1215, Stuttgart/Mainz.

Bodenversiegelung, Grünvolumen, Biotopwertigkeit – Praktische Erfahrungen des Umweltmonitorings in Potsdam

Steffen Tervooren, Annett Frick

Zusammenfassung

Umweltmonitoring ist ein Instrument, die Entwicklung der Umwelt abzubilden und beeinflussen zu können. Eine gute und umfassende Umweltbeobachtung bedient sich einer Vielzahl von Indikatoren, um Zustände zu verschiedenen Zeiten und in unterschiedlichen Räumen zu vergleichen. Im Rahmen des Umweltmonitorings der Stadt Potsdam wurden die Versiegelung sowie das Grünvolumen und die Biotopwertigkeit als zu untersuchende Parameter erfasst. Für das Stadtgebiet sollte die Entwicklung seit der politischen Wende 1989 für die Zeitpunkte 1992, 1998 und 2004 erfasst werden. Die Grünentwicklung kann anhand der Bodenversiegelung und des Grünvolumens dargestellt werden. Das dafür entwickelte Verfahren basiert auf einer Regressionsbaumanalyse und erlaubt die Modellierung anhand von höchstauflösenden Satellitendaten bzw. Luftbildern und weiteren Geobasisdaten. Mit der zusammengeführten Bewertung der beiden Indikatoren Versiegelung und Grünvolumen wurden 4 Klassen für die Entwicklung gebildet. Daraus wurden Charaktertypen einer städtebaulichen Entwicklung abgeleitet. Durch die zusammenhängende Darstellung der Indikatoren können Stärken und Schwächen von stadtplanerischen Instrumenten bei der Integration umweltspezifischer Belange lokalisiert werden. Im Abgleich dieser Informationen mit dem Indikator der Biotopwertentwicklung differenziert sich dieses Bild weiter. Verdichtungs- und Zersiedelungstendenzen, die Qualität innerstädtischer Durchgrünung und andere Faktoren werden für die Einwohner der Landeshauptstadt Potsdam sichtbar.

1 Stand der Forschung

Die Modellierung von Indikatoren zur Bewertung von Siedlungsstrukturen, darunter v. a. der Versiegelungsgrad, wird bereits seit geraumer Zeit mithilfe der Fernerkundung praktiziert (vgl. u. a. Schuler, Kastdalen 2005; Herold et al. 2003a; Herold et al. 2003b; Frick et al. 2007). Für die Erfassung des städtischen Grünvolumens gibt es bisher nur wenige Referenzprojekte, die mittels Laserscannerdaten gute Ergebnisse erzielten (z. B. Meinel et al. 2006a; Meinel et al. 2006b).

Nach einer ersten Recherche fanden sich dagegen keine geeigneten Beispiele, die auf die Situation und Datenlage der Stadt zur automatischen Bewertung von Biotopen übertragbar gewesen wären, vor allem keine Standards für eine flächenhafte automatische

Bewertung im mesoskaligen Maßstabsbereich (1:5 000-1:25 000). Einzelne Bundesländer haben in letzter Zeit vergleichbare Methoden publiziert, alle kartierten Lebensräume einer Bewertung zuzuführen (Biederman und Netz). Netz verwendete auch den Bewertungsrahmen von Kaule (1991).

2 Anforderungen aus planerischer Sicht

Es sollen vor allem Aussagen über wertvolle und schutzbedürftige, über extrem verarmte oder über entwicklungsfähige Flächen gewonnen werden. Isolierte, geringwertige Biotopflächen in höherwertigen Biotopkomplexen geben wichtige Hinweise auf mögliche Kompensationsflächen bzw. Aufwertungspotenziale (vgl. auch Jessel, Szaramowicz 2003). Entscheidend bei der Entwicklung der hier vorgestellten Analysen war das Ziel: Anhand allgemein verfügbarer Daten eine „großflächige" Bewertung, die gesamte Stadtfläche (187 km²) betreffend, zu erstellen, die gleichzeitig sehr genaue Informationen liefert (Referenzmaßstab 1:10 000).

3 Geodaten des Untersuchungsgebietes

Die folgenden Datengrundlagen standen für Teile bzw. das gesamte Stadtgebiet der Landeshauptstadt Potsdam zur Modellierung und die Auswertung der Referenzdaten zur Verfügung:

Tab. 1: Einsatz der Fernerkundungs- und Geodaten in den jeweiligen Modellierungen

1. Daten für die Modellierung	2. Referenzdaten
Digitalisierte analoge CIR-Luftbilder 1992, Maßstab 1:10 000 (0,25 m Bodenauflösung)	Versiegelungsdaten und -geometrien inkl. Bebauung und Belagsarten für wirtschaftlich relevante Grundstücke der Energie und Wasser Potsdam GmbH (EWP) von 2002
IRS-Satellitenbilder von 1998 (5,8 und 23 m Bodenauflösung)	Versiegelungsdaten und -geometrien des Straßenkatasters mit Belagsarten für das gesamte Stadtgebiet von 2007
QuickBird-Satellitenbilder von 2004 (0,6 und 3,7 m Bodenauflösung)	digitales Geländemodell der Landesvermessung und Geoinformation Brandenburg (DGM25)
Biotoptypen- und Landnutzungsdaten von 1992, 1998 (für das Stadtgebiet vor der Gebietsreform 2003) und 2004	multispektrale Aufnahme sowie digitales Oberflächenmodell der High Resolution Stereo Camera (HRSC) von 2006 (0,5 m Bodenauflösung)
ATKIS DLM 25/II	
Selektive Biotopkartierung, Aktualisierungsstand 2002	
ATKIS-Gebäudedaten von 1998	
Bevölkerungszahlen von 2007	

4 Methoden

4.1 Vorverarbeitung der Bilddaten

Die bereits sensorkorrigierten Satellitenbilder wurden zu Radianzwerten ($W\ m^{-2}\ sr^{-1}$) umgewandelt, jedoch nicht weiter atmosphärisch korrigiert. Auf Basis von ATKIS-Daten wurden alle Bilder passpunktentzerrt[1]. Aufgrund der geringen Reliefenergie wurde auf eine Höhenkorrektur der Daten verzichtet. Die analogen CIR-Luftbilder wurden gescannt und mithilfe einer Histogrammanpassung mosaikiert.

4.2 Regressionsbaummodellierung

Sowohl die Versiegelung als auch das Grünvolumen werden für die einzelnen Jahre mit jeweils der gleichen Methode berechnet, der Regressionsbaummodellierung. Dafür wurde die Software CUBIST (Quinlan, 1993) verwendet. Die Regressionsbaummodellierung ist ein Werkzeug des sogenannten „data mining", d. h. eine große Anzahl an Daten soll auf Gesetzmäßigkeiten und Abhängigkeiten untersucht und Strukturen bzw. zusammengehörige Gruppen sollen sichtbar gemacht werden. Gerade für die „Vorhersage" unbekannter Werte mithilfe eines Modells, das aus bekannten Werten erstellt wurde, ist oft eine einfache lineare Regressionsgleichung nicht geeignet, weil dadurch nur simple Zusammenhänge zwischen Daten erkannt werden können. Stattdessen ist ein hierarchisch aufgebauter Entscheidungsbaum häufig erfolgreicher, da mithilfe von Knotenpunkten und Verzweigungen ein vielfach geschachteltes Modell erstellt werden kann. Eine Überanpassung (overfitting) kann verhindert werden, indem das Baummodell zurückgeschnitten und generalisiert wird (siehe u. a. Kearns, Mansour 1998 oder Quinlan 1993). Für eine ausführliche Beschreibung der theoretischen Grundlagen siehe Breiman et al. (1984).

4.3 Bodenversiegelung

Versiegelung beschreibt die Bedeckung des Bodens mit festen Materialien – einerseits mit Gebäuden und andererseits mit Straßen, Parkplätzen, befestigten Wegen usw. Modelliert wurde daher sowohl die Gesamtversiegelung als auch eine Differenzierung nach Hochbau bzw. bebauter und unbebauter Versiegelung. Neben vollständig versiegelten Oberflächen (z. B. Asphalt, Beton) gingen in dieser Studie auch nur teilweise versiegelnde Beläge (z. B. Rasengittersteine, Pflastersteine, wassergebundene Wegedecke) zu 100 % in die Versiegelung mit ein, denn ein Test mit unterschiedlichen Straßenbelagsarten und Teilversiegelung ergab keine signifikanten Unterschiede in den Modellierungsergebnissen. Die benötigten Referenzwerte wurden aus Versiegelungsdaten der Wasserbetriebe und des Straßenkatasters (insgesamt 1 030 Referenzflächen) erzeugt.

[1] durchschnittlicher RMSE für IRS < 3.0 m und für QuickBird < 0.6 m

4.4 Grünvolumen

Das reale Grünvolumen ist eine Größe aus der Landschaftsplanung und wird mittels der Grünvolumenzahl (GVZ) angegeben (Schulze et al. 1984). Sie bezeichnet das oberirdische Volumen des Grünraums aller, auf einer Grundfläche stehenden Pflanzen. Referenzdaten für die Modellierung wurden auf Grundlage eines digitalen Oberflächenmodells der High Resolution Stereo Camera (HRSC) sowie einer Vegetationsklassifizierung und eines Geländemodells berechnet. Das digitale Oberflächenmodell der HRSC-Aufnahme hat eine räumliche Auflösung von 0,5 m. Die mittlere Höhengenauigkeit wird mit ± 1 m angegeben. Zur Ableitung der absoluten Höhen von Objekten, wie Häusern oder Bäumen, muss ein normiertes Oberflächenmodell (nDOM) erstellt werden, dass heißt ein geeignetes Geländemodell muss vom Oberflächenmodell subtrahiert werden.

Für das Stadtgebiet Potsdam lag nur das DGM25 vor, welches eine Höhengenauigkeit von ± 1 m bis 3 m besitzt. Das normierte Oberflächenmodell wurde nachfolgend anhand von ATKIS-Gebäudedaten der Stadt Potsdam qualitativ überprüft. Dazu wurden 23 Flachdachgebäude im gesamten Gebiet verteilt ausgewählt und deren Höhen mit der mittleren Höhe des normierten Oberflächenmodells verglichen. Die mittlere Abweichung des nDOM betrug 1,4 m (mit Schwankungen von ± 0 m bis 3,4 m). Diese Abweichung wird in den folgenden Modellierungen nur in den absoluten Werten ersichtlich. Durch die Nutzung der gleichen Basis für beide Modelle wird die Abweichung der Höhe in jede Modellierung übernommen. Dadurch wird die Berechnung der Veränderung zwischen den Jahren nicht beeinträchtigt. Für zukünftige Modellierungen ist es aber wichtig, diese Fehlerquelle zu berücksichtigen.

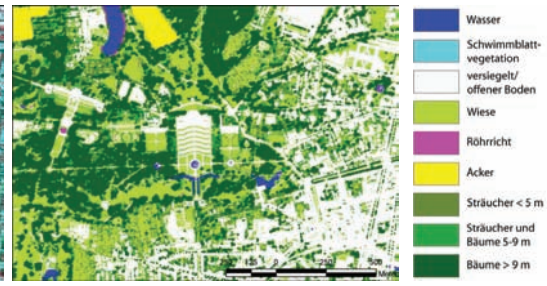
Weiterhin wurden die 4 Spektralkanäle der HRSC-Aufnahme von 2006 in neun Klassen (siehe Tab. 2) klassifiziert. Den Klassen 1-6 wurden pauschale Vegetationshöhen zugewiesen, da z. B. die Höhe einer Wiesenvegetation nicht mit dem nDOM ermittelt werden kann. Für die restlichen drei Klassen 7-9 (Sträucher und Bäume) wurden die Vegetationshöhen aus dem nDOM übernommen. So lag für jedes Pixel eine Klasse sowie eine Vegetationshöhe vor. Die Abschläge des Grünvolumens von 10 % bzw. 25 % in den Klassen „Sträucher und Bäume 5-9 m“ sowie „Bäume > 9 m“ wurden pauschal aufgrund der vorhandenen Anteile von unbelaubten Baumstämmen vorgenommen.

Tab. 2: Berechnung der Vegetationshöhe und des Grünvolumens pro Klasse

Klasse		Vegetationshöhe [m]	Grünvolumen [m³]
1	Wasser	0,00 *	Pixelgröße x Vegetationshöhe
2	Schwimmblattvegetation	0,05 *	Pixelgröße x Vegetationshöhe
3	versiegelt / offener Boden	0,00 *	Pixelgröße x Vegetationshöhe
4	Wiese	0,50 *	Pixelgröße x Vegetationshöhe
5	Röhricht	1,50 *	Pixelgröße x Vegetationshöhe
6	Acker	0,25* x	Pixelgröße x Vegetationshöhe
7	Sträucher < 5 m	berechnet	Pixelgröße x Vegetationshöhe
8	Sträucher und Bäume 5-9 m	berechnet	Pixelgröße x Vegetationshöhe – 10 %
9	Bäume > 9 m	berechnet	Pixelgröße x Vegetationshöhe – 25 %

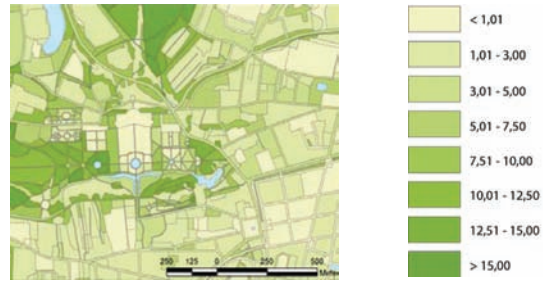
* pauschale Vegetationshöhe in Absprache mit der Stadtverwaltung Potsdam (x bei angenommenen 1,00 m in der Vegetationszeit auf 1 Jahr bezogen, dann mit 0,25 m vegetationsfreie Zeiten berücksichtigend)

HRSC-Daten 2006, RGB = NIR, R, G (Quelle: DLR)



Vegetationsklassen auf Pixelbasis (Quelle: Eigene Darstellung)

Vegetationshöhe als Graustufenbild (Quelle: Eigene Darstellung)



Ableitung der Referenzdaten – Grünvolumenzahl pro Blockfläche (Quelle: Eigene Darstellung)

Abb. 1: Zwischenschritte zur Ableitung der Referenzdaten (Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Zwischenschritte der Berechnung der GVZ für 2006 auf Basis der ATKIS-angepassten Geometrie der Biotoptypenkartierung. Diese Werte wurden für ca. 250 ausgewählte quasi unveränderte Flächen für die Modellierungen

1992 und 2004 als Referenzwerte genutzt. Der Zuwachs/Schwund an Grünvolumen für die unterschiedlichen Jahre wurde anhand der Schattenlänge und in flächigen Waldbeständen anhand durchschnittlicher Bestandszuwächse geschätzt.

4.5 Biotopwertigkeit – Definition eines Bewertungsrahmens

Das Bewertungsverfahren nach Kaule (1991) berücksichtigt insbesondere folgende Parameter: Natürlichkeitsgrad, Entwicklungsdauer, Gefährdung, Seltenheit, Diversität, Isolation/Verbund, Schutzstatus, Bedeutung für den Natur- und Artenschutz, Belastungswirkungen von Flächen für Ökosysteme.

Die Vorgaben aus dem Biotopbewertungsschlüssel von Kaule (9-stufige Bewertung von 1 – „negativ“ bis 9 – „positiv“) schienen auch wegen des großen Bekanntheitsgrades im Naturschutz ideal als Leitlinie zum Aufbau einer eigenen Bewertung. Darauf basierend entstand die Idee, dem Kartierschlüssel (Erfassungseinheiten für CIR-Luftbildinterpretation in Brandenburg, 1999 – unveröffentlicht) Biotopwerte in Anlehnung an die Biotopbewertung von Kaule 1991 zuzuordnen. In einem mehrschichtigen Abstimmungsprozess (Delphi-Verfahren) wurden die Mitarbeiter der Unteren Naturschutzbehörde und der Luftbild Umwelt Planung GmbH gebeten, ihre Werteinschätzung von Biotopen anhand des von Kaule 1991 formulierten Wertespektrums vorzunehmen. Dieser Entwurf der Bewertung wurde stichprobenartig auf seine Plausibilität hin untersucht. Im Ergebnis wurde ein Zuordnungsschlüssel (Datenbank) als Standard unter Verzicht auf Wertklasse 9 festgeschrieben (Tervooren 2009).

5 Ergebnisse

5.1 Validierung der Modelle

Die Genauigkeit der Modelle wird sowohl mithilfe einer 10fold Kreuzvalidierung als auch mit unabhängigen Testflächen bewertet. Die Modelle für die Versiegelung erweisen sich mit Korrelationskoeffizienten von 0.75 (Modell 1998) über 0.86 (1992) bis 0.96 (2004) als gut bis sehr gut. Die mittleren Fehler betragen zwischen 2 und 6 Prozent. Um „falsche“ Änderungen aufgrund der unterschiedlichen Modellgüten zu vermeiden, wurden für alle unveränderten Blöcke die Werte des jeweils genauesten Modells übernommen. Die Modelle für die GVZ erweisen sich mit Korrelationskoeffizienten von 0.89 (Modell 1992) und 0.90 (2004) als sehr gut. Die mittleren Fehler betragen zwischen 1.3 und 1.9. Die 1998er Werte wurden wegen mangelnder Genauigkeit der Datengrundlagen ausgeklammert.

5.2 Bodenversiegelung

Insgesamt hat die Versiegelung erwartungsgemäß zugenommen (1992-2004 um etwas mehr als 350 ha von 9,2 % auf 11,1 % der Stadtfläche), auch wenn sich das Bild z. B. bei einer Betrachtung nach einzelnen zur Analyse visuell abgeleiteten „nutzungshomogenen" Teilräumen differenziert (z. B. Dorflagen, Plattenbaugebiete, etc. unter Verwendung der Stadtteilgrenzen, vgl. Abb. 2). Demnach gibt es auch Entsiegelung. Diese wird teilweise aber auch methodisch bedingt suggeriert (z. B. durch Flächenüberwuchs) und bedarf der weiteren Analyse der Daten (z. B. „aufgelassenes Gewerbe – Industriegebiete"). Die Zunahme von Versiegelung durch bauliche Aktivitäten konzentriert sich erwartungsgemäß insbesondere auf bereits bekannte Entwicklungsschwerpunkte – Erschließung neuer Flächen (ländliche Ortsteile) und innenstadtnahe Verdichtungsbereiche.

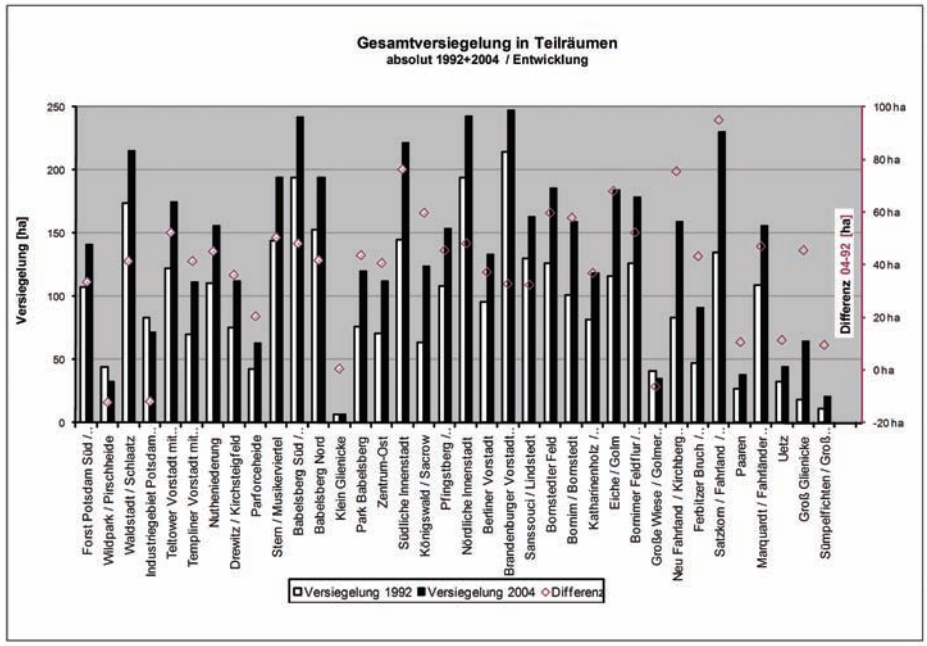


Abb. 2: Entwicklung der Versiegelung in Potsdam 1992-2004 nach nutzungshomogenen Teilräumen (Quelle: Eigene Darstellung)

5.3 Grünvolumen

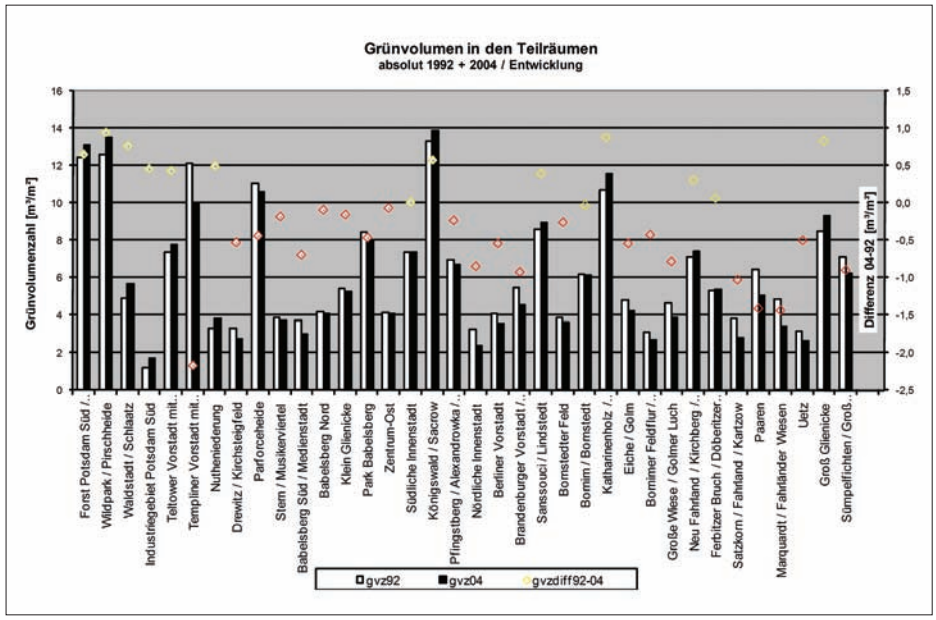


Abb. 3: Entwicklung des Grünvolumens in Potsdam 1992-2004 nach nutzungshomogenen Teilräumen (Quelle: Eigene Darstellung)

Ein Vergleich der modellierten Grünvolumenzahlen von 1992 mit 2004 zeigt vorwiegend geringe, nur vereinzelt auch größere Veränderungen. Im Mittel hat das Grünvolumen in Potsdam um 0,1 m³ pro m² abgenommen. Wie Abbildung 3 zeigt, hat sich das Grünvolumen in einzelnen zur Analyse abgeleiteten „nutzungshomogenen" Teilräumen jedoch deutlich geändert. Erwartungsgemäß gibt es Wachstum in den bewaldeten Teilräumen. Aufgelassene Flächen bebauter Teilräume zeigen „stilles Wachstum" und stehen an selber Stelle einem Rückgang der Versiegelung gegenüber (z. B. Industriegebiet Potsdam Süd, vgl. Abb. 2 und 3), was in einzelnen Fällen eine genaue Betrachtung erfordert. Eine Unterscheidung zwischen Brachfallen und Rückbau ist noch zu ermitteln.

Eine aktive ökologische Siedlungsentwicklung zeigt bei Zunahme des Grünvolumens auch gleichzeitig zunehmende Neuversiegelung (teilw. mehr als 10 % – z. B. Groß Glienicke, vgl. Abb. 2 und 3). Interessant ist die Ermittlung von Gründen für eine Entwicklung bei vergleichbaren Nutzungen (z. B. bei Parks). Schaut man sich Details an, haben sich einzelne Blöcke sogar erheblich geändert. Die Abnahme der GVZ auf Ackerflächen/ Erwerbsobstbau ist z. B. auf die großflächige Umwandlung von Obstanbauflächen zu reinen Ackerflächen zurück zu führen (z. B. Marquardt, vgl. Abb. 3). Die Abnahme der GVZ auf Siedlungsflächen ist durch geteilte und neu bebaute Grundstücke und die damit einhergehende Abnahme der Vegetation, bei mangelnder Einflussnahme durch z. B. Bauleitplanung im Sinne einer ungerichteten Entwicklung zu erklären.

5.4 Charaktertypen

Wenn die Parameter Versiegelung und Grünvolumen zusammengeführt werden, lassen sich sehr gut Tendenzen und Charaktertypen städtischer Entwicklung ableiten. Eine solche aggregierte Darstellung verbessert die Identifikation signifikanter Entwicklungen. Es wurden 4 Entwicklungs- bzw. Charaktertypen gebildet:

- Typ A steht für ökolgische Aufwertung/Wohnumfeldverbesserung, Nichtnutzung, Renaturierungsprozesse Bsp.: Gewerbe, A+E Flächen, Großsiedlungen
- Typ B1 steht für „Plan-gerechte" oder „grüne" Stadtentwicklung, Berücksichtigung grünordnerischer Belange. Beispiel sind.: „ausgewogene" Bebauungspläne und grünordnerisch begleiteter Wegebau
- Typ B2 steht für aktiven Abriss und Rückbau, Nutzungsänderung (Aufgabe Landwirtschaft). Beispiel sind: militärische Konversionsflächen, zur Bebauung vorbereitete Flächen, ehemalige Plantagen
- Typ C schließlich steht für „graue Stadtentwicklung", Bereiche der Stadtentwicklung ohne/mit eingeschränkter Rücksichtnahme auf umweltspezifische Belange oder mit noch fehlender Umsetzung grünordnerischer Maßnahmen. Beispiel sind: Innenstädte, Straßenneubau

Die Charaktertypen sind gut als Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung und einen Überblick zur Entwicklung geeignet. Beispiel Planausschnitt Potsdam BUGA-Park und Umfeld mit einer Grenze der Flächendarstellung entspricht der Biotoptypenkartierung von 2004 (Abb. 4).

5.5 Biotopwertigkeit

Als weiterer Indikator zur Einordnung oben beschriebener Entwicklungen kann die Biotopbewertung nach Kaule (1991) dienen (s. o. Kap. 4.5). Auch wenn die Analyse diesbezüglich noch nicht abgeschlossen ist, liefern die Daten erste, sehr wertvolle Hinweise, welche es leichter machen, die oben beschriebenen Entwicklungen auch aus Sicht

des Artenschutzes („also nicht nur über technische Maße") zu gewichten. Dabei ist insgesamt, entgegen der Entwicklung der Versiegelung und des Grünvolumens, eine Verbesserung der Situation in der Stadt zu verzeichnen (Abb. 5), auch wenn die Klasse 2 (schwarzer Pfeil) zunimmt. Die Abnahme bei Klasse 3 und Zunahmen bei Klassen 5, 6 und leicht auch bei 8 sind positiv (Klassen 8 und 9 wurden zusammengefasst). In einzelnen baulichen Entwicklungsbereichen ergibt sich dagegen ein sehr heterogenes – positives wie negatives Bild.

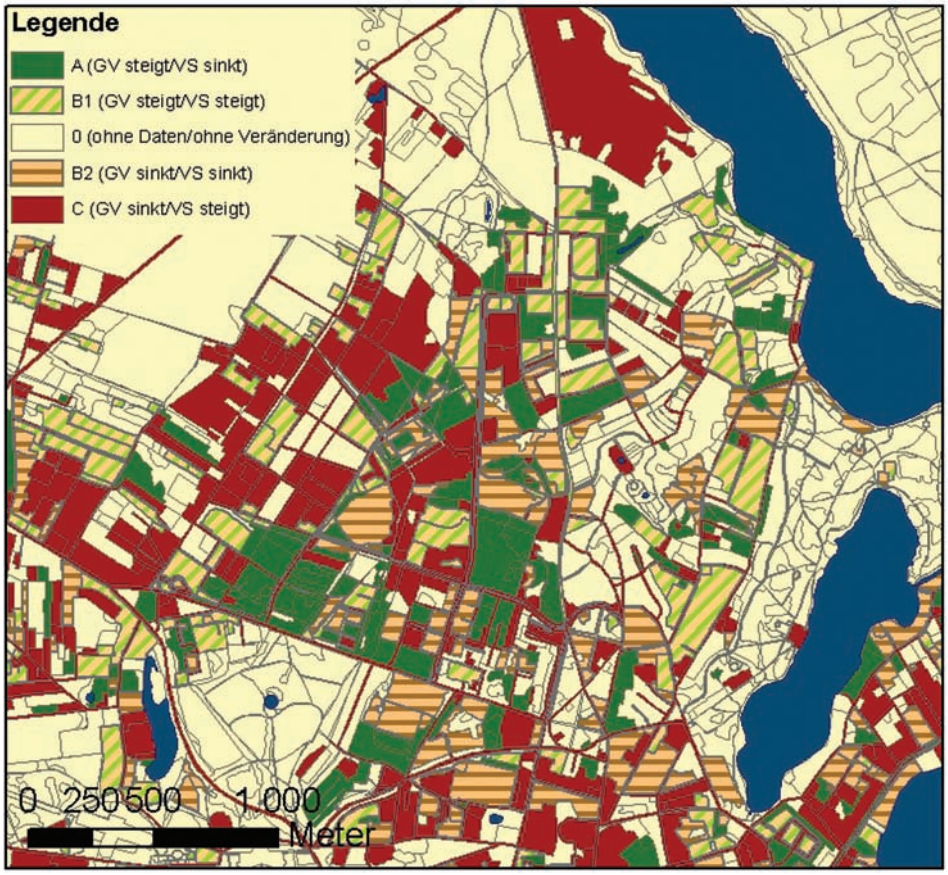


Abb. 4: Entwicklung der Charaktertypen städtischer Entwicklung in Potsdam 1992-2004 BUGA-Park und Umfeld (Quelle: Eigene Darstellung)

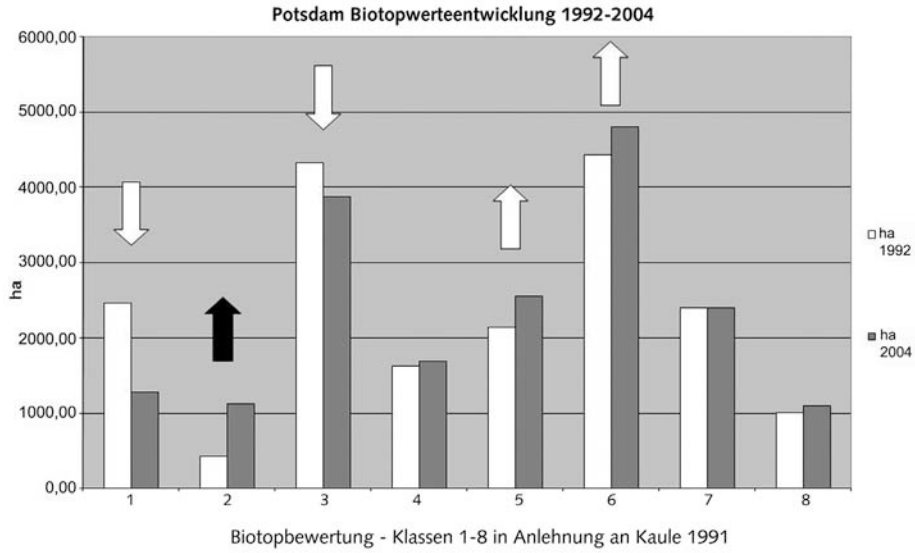


Abb. 5: Entwicklung der Biotopwerte nach Klassen entsprechend Kaule (1991) in Potsdam 1992-2004, von Klasse 1 – negativ bis Klasse 8 – positiv (Quelle: Eigene Darstellung)

6 Diskussion

Die bisherige Anwendung der automatischen Bewertungen stellt sich aus Sicht Potsdams sehr positiv dar und ist es Wert, weitere Anwendung zu finden. Dabei spielen insbesondere die erzielte Aussageschärfe, häufige Verwendbarkeit der Analyse, Vergleichbarkeit der Daten (innerhalb der Stadt) und schnelle Aussagefähigkeit bzw. Praktikabilität bei geringem Aufwand eine große Rolle für die positive Beurteilung. Im Verlauf der Nutzung der Bewertungen stellte sich heraus, dass die Ergebnisse regelmäßig genutzt und bei Stichprobenkontrollen verifiziert werden konnten (z. B. bei Planvorhaben mit Behandlung der Eingriffsregelung). Sie wurden von anderen Gutachtern (z. B. Uni Potsdam 2007 im Rahmen eines Gutachtens zu Wasserregime und Wiesennutzung) bestätigt.

Die weitere Auswertung aller 3 Indikatoren, insbesondere mit ihren Wechselwirkungen, steht mit Unterstützung anderer Stellen an (Landes- und Bundesbehörden, Kommunen). Die Etablierung bestimmter Indikatoren ist wünschenswert. Eine Vorgabe für eine Biotopbewertung, ggf. in Abstimmung mit Hamburg, der Vergleich und die Abstimmung mit Dresden und anderen Großstädten zum Grünvolumen und die Erfassung von Versiegelung gemäß tatsächlicher Versiegelung und nicht abgeleitet aus letztlich sehr heterogenen Nutzungstypen sind aktuelle Aufgaben bzw. Herausforderungen.

Mit der 2007 begonnenen Fortschreibung des Flächennutzungsplanes (FNP) und des Landschaftsplanes (LP) wurde die Biotopbewertung und Versiegelung im Sinne eines

Worst-case szenario der FNP-Planung gegenübergestellt (Bildung von Differenzwerten). Grünvolumendaten sollen ergänzt werden. Die Gegenüberstellung liefert ein Bild zur Eingriffsrelevanz der FNP-Planung und ermöglicht eine Folgeabschätzung. Diese Art der Konfliktdarstellung eröffnet frühzeitig Möglichkeiten, potenzielle Eingriffe und Plankonflikte zu minimieren und zu diskutieren[2] (Tervooren 2009).

7 Fazit

Die Auseinandersetzung mit den automatisch erzeugten Bewertungen unterstützt die fachlichen Debatten und hilft sogar, scheinbar feststehende, vorgefertigte Meinungen zu revidieren. Die Indikatoren geben die realen Zustände genauer und realitätsnäher wieder als bisher genutzte Indikatoren (z. B. Versiegelung abgeleitet aus Nutzungsklassen). Die automatische flächendeckende Analyse ist innerhalb von kurzer Zeit und trotzdem mit hoher Genauigkeit möglich. Eine solche Bewertung kann die sachbezogene Debatte und Beurteilung von Vorhaben deutlich erleichtern. Durch die „flächendeckende Übersichtlichkeit" der Analysen werden oft auch neue, bisher nicht wahrgenommene, Situationen sichtbar. Die vorgestellten 3 Indikatoren bieten Möglichkeiten, einen Standard für eine Bewertung der Flächenzustände zu etablieren. Eine Verifizierung der Ergebnisse ist bei Einzelvorhaben immer möglich und sollte stattfinden.

Die hier vorgestellte Anwendung automatischer und modellbasierter Bewertungen brachte eine deutliche Effektivierung der Planungsabläufe innerhalb der Verwaltung der Landeshauptstadt und unterstützt eine Versachlichung der Debatten städtischer Entwicklung.

8 Literatur

Biedermann U. unter Mitarbeit von: König, H.; Werking-Radtke, J.; Woike, M. (2006): Vortrag zur Bewertung von Biotoptypen und Ausgleichsmaßnahmen im Rahmen der Eingriffsregelung, lanuv NRW Recklinghausen.

Breiman, L.; Friedman, J.; Olshen, R.; Stone, C. (1984): Classification and Regression Trees. Chapman and Hall. New York.

Frick, A.; Coenradie, B.; Kenneweg, H. (2007): Environmental monitoring and urban development: application of modern remote sensing methods. In: Kenneweg, H.; Kröger, T. (Hrsg.): 2nd International Congress on Environmental Planning and Managment. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. Band S20. Berlin.

Herold, M.; Liu, X.; Clarke, K. C. (2003): Spatial Metrics and Image Texture for Mapping Urban Land Use. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 69 (9).

[2] (http://www.potsdam.de/ – dort: Planen und Bauen in Potsdam/Stadtentwicklung/Flächennutzungsplan/K7 – Konfl ktanalyse/Eingriffsregelung.

Herold, N. D.; Koeln, G.; Cunningham, D. (2003): Mapping Impervious Surfaces and Forest Canopy Using Classification and Regression Tree (CART) Analysis. ASPRS 2003 Annual Conference Proceedings. Anchorage. Alaska.

Jessel B.; Szaramovicz, M. (2003): Methodische Bausteine zur Umsetzung naturschutzfachlicher Anforderungen in regionalen Flächenpools. In: Natur und Landschaft 78. Heft 12.

Kaule, G. (1991): Arten- und Biotopschutz. 2. Aufl. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.

Kearns, M.; Mansour, Y. (1998): A fast, bottom-up decision tree pruning algorithm with near-optimal generalization. Proceedings of the 15th International Conference on Machine Learning.

Meinel, G.; Hecht, R.; Buchroithner, M. (2006a): Die Bestimmung städtischen Grünvolumens – Nutzen, Methodik und Ergebnisbewertung. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg.

Meinel, G.; Hecht, R.; Socher, W. (2006b): Städtisches Grünvolumen – neuer Basisindikator für die Stadtökologie? Bestimmungsmethodik und Ergebnisbewertung. In: Schrenk, M. (Hrsg.): CORP 2006 & Geomultimedia06. 13.-16. Februar 2006. Wien.

Netz, B.-U. (2006): Biotopbewertung für die Biotopkartierung Hamburg. Amt für Natur- und Ressourcenschutz Abteilung Naturschutz. Freie und Hansestadt Hamburg. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt.

Quinlan, J. R. (1993): C4.5: Programs for Machine Learning. San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers.

Schuler, D. V.; Kastdalen, L. (2005): Impervious surface mapping in Southern Norway. 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment. St. Petersburg. Russia.

Schulze, H.-D.; Pohl, W.; Großmann, M. (1984): Gutachten: Werte für die Landschafts- und Bauleitplanung: Bodenfunktionszahl, Grünvolumenzahl. Schriftenreihe der Behörde für Bezirksangelegenheiten. Naturschutz und Umweltgestaltung Freie Hansestadt Hamburg. 9. 1. Aufl. Christians. Hamburg.

Tervooren, S. (2009): Landschaftsbild- und Umweltanalysen – Ansätze automatischer Bewertungen. Planerin Nr. 5, S. 29-30. Berlin.

Fragmentierung von Waldökosystemen und deren Auswirkung auf das Vorkommen des Schwarzstorches – erste Analyseergebnisse auf Grundlage des ATKIS Basis-DLMs[1]

Raul Köhler, Katja Oehmichen, Britta Eggers

Zusammenfassung

Die Fragmentierung von Lebensräumen ist einer der häufigsten Gründe für den Artenrückgang in Mitteleuropa. Gerade Wälder sind von der Zerschneidung und Fragmentierung durch die zunehmende anthropogene Flächennutzung und den Infrastrukturausbau betroffen.

Die Quantifizierung des Fragmentierungsgrads von Waldökosystemen in Deutschland ist der erste Schritt für einen wirkungsvollen Schutz von Waldtierarten und ihren Lebensräumen. Auf Grundlage der ATKIS-Daten des Basis-DLMs wurde flächendeckend der Fragmentierungsgrad der Waldflächen in Deutschland bestimmt und visualisiert. Der nationale Waldfragmentierungsgrad wird am Beispiel der effektiven Maschenweite dargestellt. Die Auswirkung der Fragmentierung auf Waldökosysteme kann mithilfe von Indikatorarten untersucht werden. Es wird ein Habitatmodell vorgestellt, welches das Vorkommen des Schwarzstorches (*Ciconia nigra*) in Abhängigkeit vom Flächenanteil der Landbedeckung vorhersagt. Ein erstes Ergebnis für die Vorhersage der Vorkommenswahrscheinlichkeit des Schwarzstorchs ist die Auswahl der Variablen Flächenanteile von anthropogenen Strukturen, von Grünland, von Wäldern und von Gewässern. Die Resultate der Habitatmodellierung werden auf andere, strukturell ähnliche Waldgebiete übertragen, um damit Prognosen zum Ausbreitungspotenzial des Schwarzstorches zu erstellen.

1 Einleitung

In unserer mitteleuropäischen Kulturlandschaft werden durch den ständig zunehmenden Flächenanspruch der Bevölkerung – trotz des wachsenden Bewusstseins für die damit verbundene Problematik – immer mehr Lebensräume zerstört und fragmentiert. So ist die Fragmentierung von Lebensräumen mit den sich daraus ergebenden Folgen, wie die Zerstörung interspezifischer Interaktionen und Beziehungen, die Unfähigkeit von Arten sich auszubreiten und der Verlust an genetischer Variabilität (Debinski, Holt 2000), einer der häufigsten Gründe für den Artenrückgang (Pullin 2002; Groom et al. 2006). Fragmentierung beinhaltet beides: den Verlust von Lebensräumen und die Zerschneidung von Lebensräumen. Der größere Anteil an der Dezimierung der Biodiversität kann

[1] Beitrag auf Grundlage einer Posterpräsentation

allerdings dem Verlust von Lebensräumen zugeordnet werden (Fahrig 2003). Die Fragmentierung einer Landschaft stellt die räumliche Zerteilung eines Habitats, Ökosystems oder eines Landbedeckungs- bzw. Landnutzungstyps in kleinere Einheiten dar (Forman 1995; Rutledge 2003). Straßen, Siedlungs- und Industriebaumaßnahmen teilen ehemals zusammenhängende Lebensräume in kleine Resthabitate und wirken so häufig als Barrieren für viele Arten (Jaeger et al. 2005). Dadurch entstehen individuenärmere Subpopulationen, die voneinander getrennt sind. Das Aussterberisiko kleiner Populationen ist ungleich höher als das der größeren, da sowohl populationsdynamische als auch -genetische Effekte negativ mit der Populationsgröße korrelieren (Frankham et al. 2002). Insbesondere ausbreitungsschwache stenotope Arten, die auf kleine isolierte Resthabitate zurückgedrängt werden, sind stark gefährdet, da der Individuenaustausch durch andersartige Lebensräume unterbunden oder zumindest stark reduziert ist. Stirbt eine lokale Population aus, wird die Fläche unter solchen Bedingungen nur mit geringer Wahrscheinlichkeit wieder besiedelt (Hanski et al. 1995).

Die Landschaft wird durch die Zusammensetzung (Anzahl und Art) sowie die Anordnung einzelner Landschaftselemente in ihrer Größe und Lage zueinander charakterisiert (Walz 2004). Der Zustand, aber auch die Veränderung der räumlichen Muster der Landschaft können mithilfe von statistischen Messgrößen – sogenannten Landschaftsstrukturindizes bzw. Landschaftsstrukturmaßen – quantifiziert werden (O'Neill et al. 1988; McGarigal, Marks 1995; Köhl, Oehmichen 2003). Jaeger (2003) beschreibt die Zerschneidung oder Fragmentierung als den Prozess im Hinblick auf die Veränderung der Landschaftsstruktur, während der Zerschneidungsgrad bzw. Fragmentierungsgrad den Zustand einer Landschaft darstellt. Landschaftsstrukturmaße sind somit gut geeignet, den Zustand der Landschaft, jedoch nicht den Prozess oder die Ursache eines Prozesses, abzubilden.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Fragmentierungsgrad von Waldökosystemen in Deutschland zu quantifizieren, die Sensitivität von ausgewählten Indikatorarten auf untersuchte Landschaftsstrukturindizes zu bestimmen und Prognosen zur potenziellen Ausbreitung der Indikatorarten in anderen, strukturell ähnlichen Waldgebieten zu stellen. Dieser Beitrag stellt die methodischen Ansätze sowie erste Ergebnisse vor.

2 Methoden

Um Zusammenhänge zwischen Waldfragmentierung und Artenvorkommen zu untersuchen, wird eine Habitatmodellierung durchgeführt. Die Modelle setzen die Quantifizierung der Fragmentierung von Waldökosystemen auf nationaler Ebene voraus. Für die Bestimmung des Fragmentierungsgrades des Waldes in Deutschland ist die Auswahl aussagekräftiger Landschaftsstrukturmaße unabdingbar. In einer Sensitivitätsstudie werden daher mithilfe von künstlichen Landschaften Strukturindizes identifiziert, die den Fragmentierungsgrad von Wäldern ausreichend effektiv beschreiben.

2.1 Auswahl von Landschaftsstrukturmaßen mithilfe von künstlichen Landschaften

Zur Analyse und Bewertung der Zerschneidung von Wäldern wurden insgesamt 20 Landschaftsstrukturmaße ausgewählt und deren Aussagekraft und Anwendbarkeit anhand künstlicher Landschaften (Abb. 1) untersucht. Hier werden im Rahmen der Methodendarstellung die in Tabelle 1 aufgeführten Maße präsentiert.

Tab. 1: Auswahl der untersuchten Landschaftsstrukturmaße

Name	Wertebereich	Formel
Anzahl der Einzelflächen (number of patches, NP)	NP ≥ 1	$NP = n$
Flächenanteil einer Landnutzungsklasse an der Gesamtlandschaft (percentage of landscape; P_i)	$0 < P_i \leq 1$	$P_i = \frac{1}{A}\sum_{j=1}^{m} a_{ij}$
Dichte der Einzelflächen (patch density, PD)	PD > 0	$PD = \frac{NP}{A}$
Dichte der Randlinienlänge (einschließlich Testgebietsgrenzen) (edge density, ED)	ED > 0	$ED = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} e_i$
Landschaftsformindex (landscape shape index, LSI)	LSI ≥ 1	$LSI = \frac{1}{4\sqrt{A}}\sum_{i=1}^{n} e_i$
Effektive Maschenweite (effective mesh size, MESH)	0 < MESH ≤ A	$MESH = \frac{1}{A}\sum_{j=1}^{m} a_{ij}^{2}$

mit n = Anzahl der Einzelflächen, m = Anzahl der Einzelflächen einer Landnutzungsklasse, A = Gesamtfläche, a_{ij} = Fläche einer Einzelfläche *j* einer Landnutzungsklasse *i*, e_i = Randlinienlänge einer Einzelfläche *i*

Die künstlichen Landschaften sind so aufgebaut, dass die Fragmentierung von Landschaft a zu f zunimmt. Diese Entwicklung sollte demzufolge auch durch die Werte, die die einzelnen Indikatoren annehmen, wiedergegeben werden (Tab. 2).

Tab. 2: Ergebnisse der ausgewählten Strukturmaße für die künstlichen Landschaften (a-f)

Landschaft	NP	P_i (Wald = dunkelgrün)	PD	ED	LSI	MESH (Wald = dunkelgrün)
a	1	1,00	0,02	0,53	1,03	60,00
b	3	0,77	0,05	0,68	1,32	35,27
c	3	0,45	0,05	0,75	1,45	12,15
d	4	0,27	0,07	0,82	1,58	8,53
e	14	0,18	0,23	1,17	2,26	2,02
f	3	0,47	0,05	1,18	2,29	26,13

Aufgrund der Aussagekraft und Interpretierbarkeit wurde die effektive Maschenweite für die Beschreibung des Fragmentierungsgrades der Wälder in Deutschland in der hier vorgestellten Arbeit ausgewählt (siehe Kapitel 3 Ergebnisse).

2.2 Quantifizierung der Fragmentierung von Waldökosystemen auf nationaler Ebene

Die Grundlage für die adäquate Anwendung der Landschaftsstrukturmaße ist eine lückenlose, flächendeckende Abbildung der Landbedeckung mittels nicht-überlappender, in sich einheitlicher und eindeutig identifizierbarer Landschaftsobjekte. Wenn thematische Karten diese Anforderungen erfüllen, können sie in geographischen Informationssystemen (GIS) mit Hinblick auf die Form, Struktur und Verteilung der Landschaftsobjekte analysiert werden. Je detaillierter und genauer die Daten sind, desto aussagekräftiger sind die Ergebnisse und desto fundierter die darauf beruhenden Entscheidungen.

Die ATKIS-Daten (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) des Basis-DLMs (Digitales Landschaftsmodell) stellen momentan die detailliertesten Geo-Informationen dar, die flächendeckende Angaben zur Form, Lage und Verteilung von Waldflächen in Deutschland enthalten. Die Datengrundlage für die Berechnung der Landschaftsstrukturmaße auf nationaler Ebene ist daher das digitale Basis-Landschaftsmodell der ATKIS-2008-Geodatenbank.

Durch Aggregierung von thematischen Klassen des ATKIS-Objektartenkatalogs wurden binäre Karten (Wald vs. Nichtwald) generiert. Siedlungs-, Verkehrs- und Gewässerflächen sowie alle Vegetationsklassen, mit Ausnahme von Wald und Gehölzen, wurden zur neuen Klasse ‚Nichtwald' zusammengefasst. Zusätzlich wurden die Linienelemente (Straßen, Schienenwege, Gewässerlinien mit einer Breite größer 6 m) mit der Hälfte ihrer erfassten Breite gepuffert und zu der Klasse ‚Nichtwald' hinzugefügt. Die Auswahl der zerschneidenden Linienelemente orientierte sich an Jaeger et al. (2001).

Für die ausgewählten Indikatorarten liegen die Vorkommensdaten für die TK25-Blätter des gesamten Bundesgebietes vor (Beispiel in Abb. 2). Daher wurden die Strukturmaße und die Flächenanteile der Landbedeckungsklassen ebenfalls für alle TK25-Kartenblätter berechnet. Dabei kam das Ausschneideverfahren zum Einsatz, bei dem die Flächen direkt mit dem Bezugsraum verschnitten wurden (vergleiche auch Moser et al. 2007).

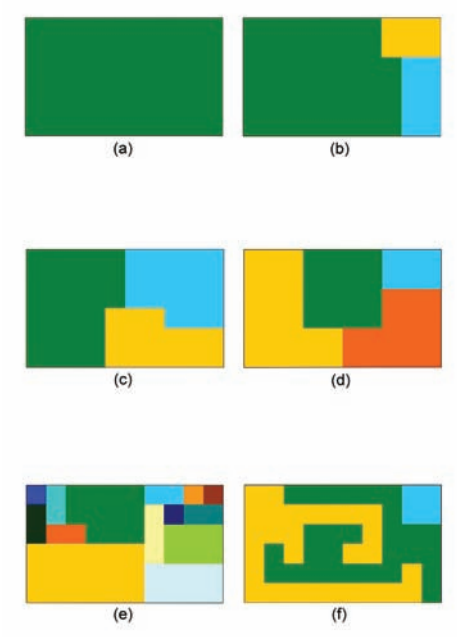


Abb. 1: Künstliche Landschaften (a-f), für die die Landschaftsstrukturmaße berechnet wurden

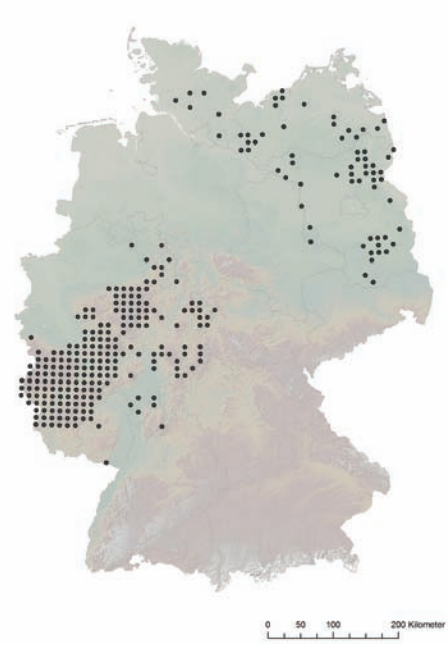


Abb. 2: Nationales Vorkommen des Schwarzstorches (Ciconia nigra, Linnaeus 1758)

2.3 Auswahl der Arten

Es wurden solche Indikatorarten ausgewählt, die auf bestimmte Waldstrukturen angewiesen sind und ein unterschiedliches Ausbreitungsvermögen besitzen. Ziel- und Leitarten dienen dazu, Schutzziele zu formulieren und deren Erfolg zu überprüfen. Steht die Erhaltung oder Aufwertung eines Lebensraumes im Vordergrund, werden Leitarten eingesetzt, die charakteristisch für diesen Lebensraum sind. Von den Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensraums profitieren auch die anderen Bewohner des Lebensraums. Je nach Art der Fragestellung, können bei der Auswahl der Indikatorarten verschiedene Gruppen herangezogen werden. In dieser Studie war es wichtig, ein möglichst breites Spektrum an Arten mit unterschiedlichsten Ausbreitungsfähigkeiten zu untersuchen. Somit wurden folgende Arten ausgewählt: die Wildkatze (*Felis silvestris*), die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*), die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*), die Erdkröte (*Bufo bufo*), der Schwarzspecht (*Dryocopus martius*), der Schwarzstorch (*Ciconia nigra*), der Heldbock (*Cerambyx cerdo*), der Eremit (*Osmoderma eremita*) und der Hirschkäfer (*Lucanus cervus*). Diese Indikatorarten sind auf bestimmte Waldstrukturen angewiesen und weisen schon aufgrund ihrer Körpergrößen sehr unterschiedliche Ausbreitungs- und Überlebensfähigkeiten auf.

2.4 Habitatmodell

Ziel einer Habitatmodellierung ist es, die Beziehung zwischen Umweltbedingungen und Habitatansprüchen von Arten zu formalisieren. Auf der Grundlage einfach zu erhebender biotischer und abiotischer Schlüsselfaktoren erlauben die Modelle, die Habitatqualität von Biotopen für ausgewählte Arten zu quantifizieren (Kleyer et al. 1999). In den letzten Jahren ist daher die Entwicklung von vorhersagenden Habitatmodellen stark verbessert worden. Modelle können also helfen, das Vorkommen verborgener oder seltener Arten zu erfassen (Pearce et al. 2001). Des Weiteren können Vorkommensvorhersagen genutzt werden, um den Einfluss von Landschaftsveränderungen auf bestimmte Arten abzuschätzen, Lebensräume zum Wiedereinbürgern der Art zu finden und potenzielle Nutzungskonflikte mit anthropogenen Aktivitäten zu identifizieren (Kramer-Schadt et al. 2007; Klar et al. 2008).

Zur Berechnung der Habitatmodelle wurde die logistische Regression genutzt (Hosmer, Lemeshow 2000). Sie ermöglicht die Schätzung von „Präsenz-Absenz-Responsekurven" (Peeters, Gardeniers 1998), welche die Vorkommenswahrscheinlichkeit einer Art als Regressionsfunktion von Umweltvariablen beschreiben (Collingham, Huntley 2000; Schröder 2000). In dieser Arbeit stellen die Flächenanteile der Landbedeckungsklassen sowie ausgewählte Landschaftsstrukturmaße zur Quantifizierung des Fragmentierungsgrades der Wälder in jedem TK25-Kartenblatt Deutschlands die Eingangsvariablen dar. Diese wurden in Zusammenhang zum Vorkommen der ausgewählten Arten gestellt und miteinander verglichen.

3 Ergebnisse

Der Fragmentierungsgrad des Waldes wurde auf Basis der ATKIS-Daten von 2008 bestimmt. In Abbildung 3 ist die summierte Flächengröße der Wälder je TK25-Kartenblatt visualisiert. In Verbindung mit der in Abbildung 4 dargestellten regionalen Verteilung der effektiven Maschenweite in Deutschland kann der Grad der Fragmentierung der Waldflächen beurteilt werden. Hohe Werte für die effektive Maschenweite, d. h. ein niedriger Fragmentierungsgrad, sind vor allem in den Alpen, aber auch in den bewaldeten Mittelgebirgen, z. B. dem Bayerischen und Thüringer Wald, Harz, Spessart oder im Schwarzwald, zu finden.

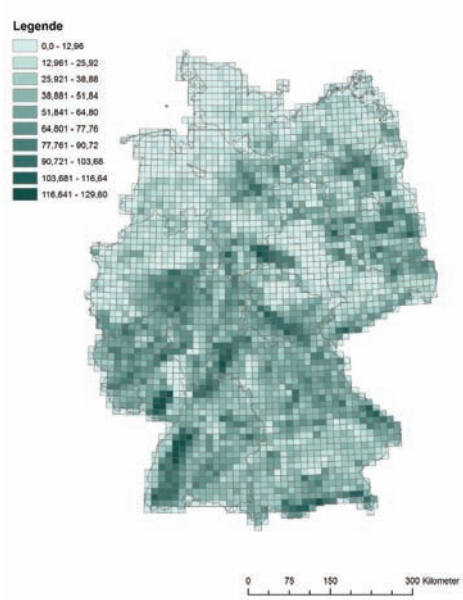


Abb. 3: Räumliche Verteilung der Waldfläche (km²) (Datengrundlage: Basis-DLM je TK25-Kartenblatt, Datenquelle: BKG)

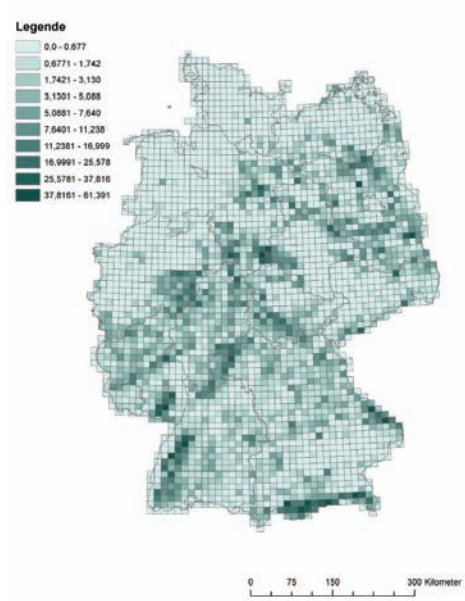


Abb. 4: Räumliche Verteilung der effektiven Maschenweite (km²) (Zielklasse: Wald; Datengrundlage: Basis-DLM je TK25-Kartenblatt, Datenquelle: BKG)

In die hier vorgestellten Habitatmodellierungen sind ausschließlich die Flächenanteile der verschiedenen Landnutzungsklassen an der Landschaft (P_i) eingeflossen.

Ein erstes Modell am Beispiel *Ciconia nigra* (Schwarzstorch) konnte einige Schlüsselvariablen identifizieren. Die am besten geeigneten Variablen zur Vorhersage des Vorkommens der Art sind die Flächenanteile von (1) anthropogenen Strukturen (Wohnungsbaufläche, Industrieflächen, Infrastruktur, etc.), (2) Grünland, (3) Laub-, Misch- und Nadelwäldern und (4) Gewässern. Das Modell errechnete eine Anpassungsgüte R_N^2 (Nagelkerke 1991) von 0,467. Abbildung 5 zeigt beispielhaft die Abhängigkeit des Vorkommens von *Ciconia nigra* von den Flächenanteilen des Laubwaldes, des Mischwaldes und der anthropogenen Strukturen.

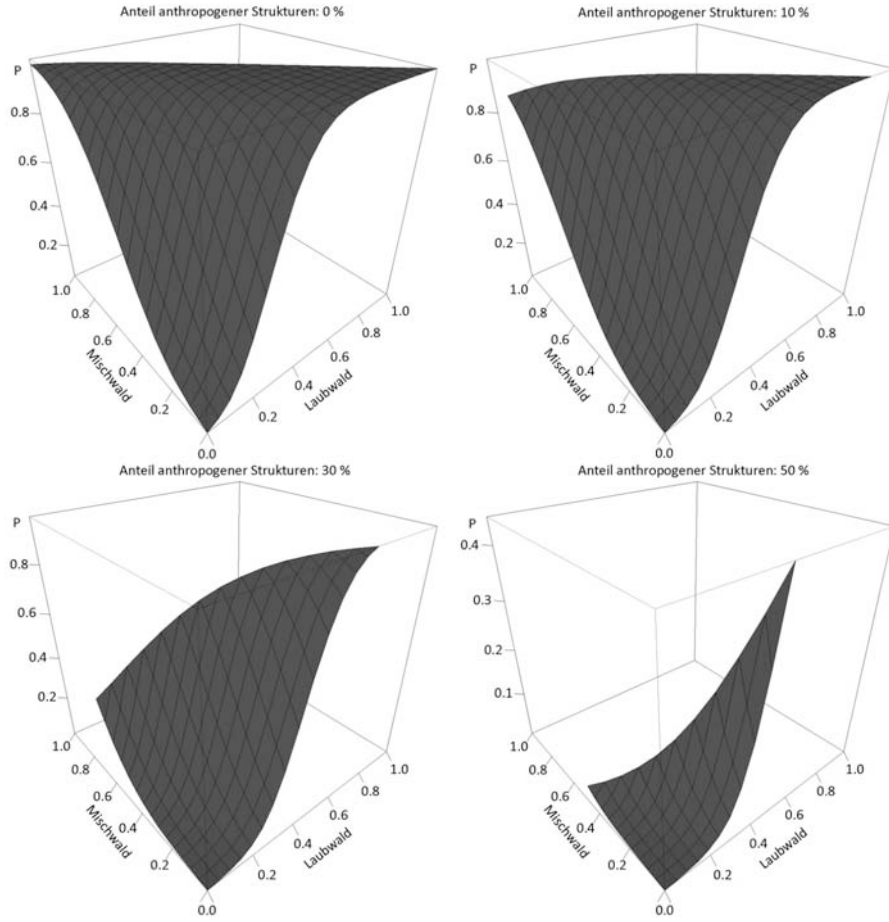


Abb. 5: Die Vorkommenswahrscheinlichkeit P des Schwarzstorches in Abhängigkeit der Anteile der Landbedeckungsklassen Laubwald, Mischwald und anthropogener Strukturen. (R_N^2 = 0,467 nach Nagelkerke)

Bei Zunahme der anthropogenen Strukturen nimmt die Vorkommenswahrscheinlichkeit P für den Schwarzstorch ab. Dabei zeigt die Landnutzungsklasse Laubwald einen größeren positiven Effekt für die Wahrscheinlichkeit P als der Mischwald. Dies zeigt sich deutlich in den beiden unteren Grafiken der Abbildung 5. Bei einem Flächenanteil der anthropogenen Struktur von 30 % und einem maximalen Mischwaldanteil von 70 % liegt P bei 0,2. Dagegen ergibt sich bei einem maximalen Laubwaldanteil von 70 % eine Vorkommenswahrscheinlichkeit von 1 (siehe Abb. 5 links unten). Steigt der Flächenanteil der anthropogenen Strukturen auf 50 %, beträgt P weniger als 0,1 bzw. 0,45 bei einem maximalen Waldflächenanteil von 50 %.

Abbildung 6 zeigt die berechneten Vorkommenswahrscheinlichkeiten des Schwarzstorches im Bundesgebiet auf Grundlage des logistischen Regressionsmodells. Daraus wird ersichtlich, dass vor allem im Nordwesten Niedersachsens, in Rheinland-Pfalz, in Hessen, im Südosten von Nordrhein-Westfalen sowie in den Alpen eine hohe Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Schwarzstörchen prognostiziert wird. Dabei ist jedoch die moderate Anpassungsgüte R_N^2 des Modells von 0,467 zu berücksichtigen. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in der Untersuchung lediglich Landnutzungsklassen in das Modell eingeflossen sind. Weitere Parameter, die klassische Habitateigenschaften (z. B. Nistmöglichkeiten oder Nahrungsangebot) beschreiben, wurden bisher noch nicht im Modellierungsprozess eingebunden.

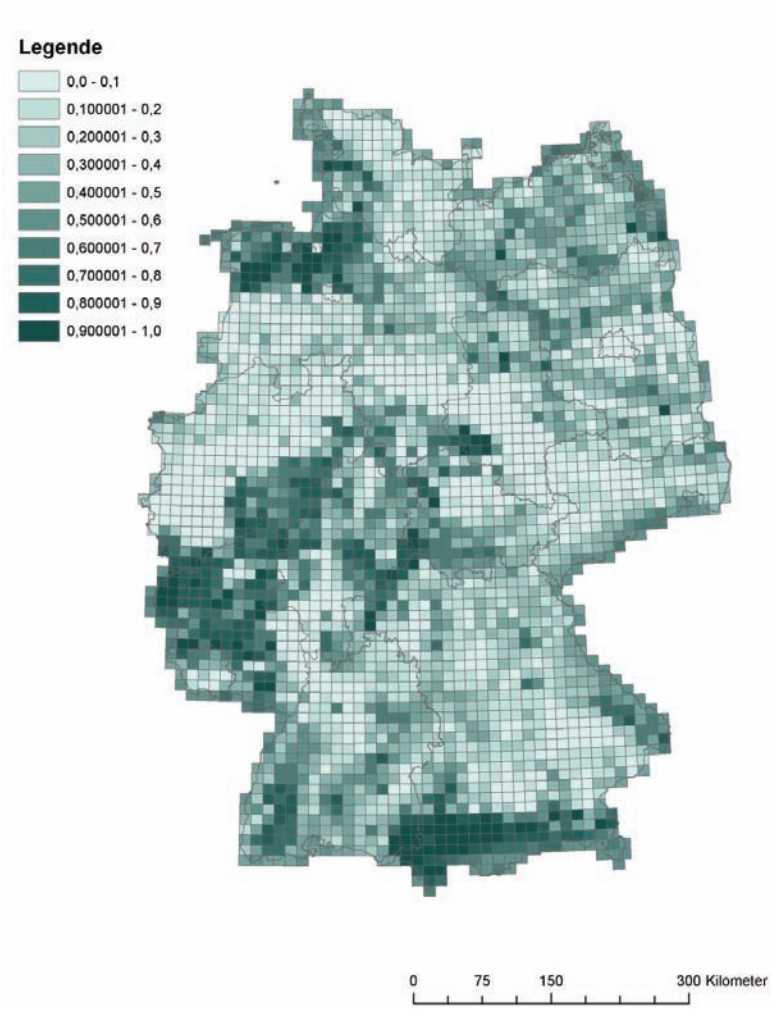


Abb. 6: Räumliche Verteilung der Vorkommenswahrscheinlichkeit des Schwarzstorches im Bundesgebiet

4 Ausblick

Die hier vorgestellten Methoden und ersten Ergebnisse zeigen den aktuellen Stand der Arbeit im Rahmen der Untersuchung zur Fragmentierung von Waldökosystemen und deren Auswirkungen auf das Vorkommen ausgewählter Tierarten. Die Darstellung der Ergebnisse beschränkt sich in diesem Beitrag auf den Schwarzstorch.

Die Modellierungen und Bewertungen werden auf die unter Kapitel 2.3 genannten Waldtierarten ausgedehnt. Dies schließt die Integration der ausgewählten Landschaftsstrukturmaße in die Habitatmodellierung ein. Neben dem unter Kapitel 2.2 erwähnten Ausschneideverfahren wird ein weiterer Ansatz zur besseren Bestimmung von Strukturmaßen ohne Einfluss der Kartenblattgrenze angewendet. Des Weiteren wird ein multitemporaler Ansatz zum Monitoring des Fragmentierungsgrades der Wälder angestrebt. Alternativ werden weitere Datengrundlagen, wie z. B. Corine Land Cover (CLC) oder (bei Verfügbarkeit) das DLM-DE, genutzt.

Folgende Resultate sollen mit Abschluss der Studie erreicht werden:

- multitemporale Aussagen über den Fragmentierungsgrad der untersuchten Waldgebiete in Deutschland,
- Informationen zur Sensitivität der Indikatorarten auf untersuchte Landschaftsstrukturindizes,
- Prognose zur potenziellen Ausbreitung der Indikatorarten in anderen, strukturell ähnlichen Waldgebieten und
- Bereitstellung einer Datenbank mit regionalen und nationalen Informationen zum Fragmentierungsgrad von Waldflächen sowie artspezifischen Aussagen.

5 Literatur

Collingham, Y. C.; Huntley, B. (2000): Impacts of habitat fragmentation and patch size upon migration rates. Ecological Applications, 10(1), S. 131-144.

Debinski, D. M.; Holt, R. D. (2000): A survey and overview of habitat fragmentation experiments. Conservation Biology, 14(2), S. 342-355.

Fahrig, L. (2003): Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, 34, S. 487-515.

Forman, R. T. T. (1995): Some general principles of landscape and regional ecology. Landscape Ecology, 10(3), S. 133-142.

Frankham, R.; Ballou, J. D.; Briscoe, D. A. (2002): Introduction to conservation genetics. Cambridge University Press, Cambridge, S. 640.

Groom, M. J.; Meffe, G. K.; Carroll, R. (2006): Principles of conservation biology. Sinauer Association, Sunderland, Mass, S. 791.

Hanski, I.; Pakkala, T.; Kuussaari, M.; Lei, G. C. (1995): Metapopulation persistence of an endangered butterfly in a fragmented landscape. Oikos, 72(1), S. 21-28.

Hosmer, D. W.; Lemeshow, S. (2000): Applied logistic regression. Wiley, New York, S. 392.

Jaeger, J. (2003): II-5.3 Landschaftszerschneidung. In: Konold, W.; Böcker, R.; Hampicke, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. Ecomed-Verlag, S. 1-30.

Jaeger, J.; Esswein, H.; von Raumer, H.-G. S.; Müller, M. (2001): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Naturschutz und Landschaftsplanung, 33(10), S. 1-13.

Jaeger, J.; Grau, S.; Haber, W. (2005): Special section: Land fragmentation. Gaia, 14(2), S. 98-185.

Klar, N.; Fernandez, N.; Kramer-Schadt, S.; Herrmann, M.; Trinzen, M.; Buttner, I.; Niemitz, C. (2008): Habitat selection models for European wildcat conservation. Biological Conservation, 141(1), S. 308-319.

Kleyer, M.; Kratz, R.; Lutze, G.; Schröder, B. (1999): Habitatmodelle für Tierarten: Entwicklung, Methoden und Perspektiven für die Anwendung. Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz, 8(4), S. 177-194.

Köhl, M.; Oehmichen, K. (2003): Zur Verwendung von Landschaftsmaßzahlen bei Wald- und Landschaftsinventuren: Überblick und Kritik. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, 154(1), S. 8-16.

Kramer-Schadt, S.; Revilla, E.; Wiegand, T.; Grimm, V. (2007): Patterns for parameters in simulation models. Ecological Modelling, 204(3-4), S. 553-556.

McGarigal, K.; Marks, B. J. (1995): FRAGSTATS – Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service General, S. 134.

Moser, B.; Jaeger, J. A.; Tappeiner, U.; Tasser, E.; Eiselt, B. (2007): Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. Landscape Ecology, 22, S. 447-459

Nagelkerke, N. J. D. (1991): A note on general definition of the coefficient of determination. Biometrika, 78(3), S. 691-692.

O'Neill, R.; Krummel, J.; Gardner, R. H.; Sugihara, G.; Jackson, B.; DeAngelis, D.; Milne, B.; Turner, M. G.; Zygmunt, B.; Christensen, S.; Dale, V.; Graham, R. (1988): Indices of landscape pattern. Landscape Ecology, 1(3), S. 153-162.

Pearce, J.; Ferrier, S.; Scotts, D. (2001): An evaluation of the predictive performance of distributional models for flora and fauna in north-east New South Wales. Journal of Environmental Management, 62(2), S. 171-184.

Peeters, E. T. H. M.; Gardeniers, J. J. P. (1998): Logistic regression as a tool for defining habitat requirements of two common gammarids. Freshwater Biology, 39(4), S. 605-615.

Pullin, A. S. (2002): Conservation biology. Cambridge University Press, Cambridge, S. 358.

Rutledge, D. (2003): Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? New Zealand Department of Conservation, Science Internal Series 98, S. 27.

Schröder, B. (2000): Habitatmodelle für ein modernes Naturschutzmanagement. In: Gnauck, A.: Theorie und Modellierung von Ökosystemen: Workshop Kölpinsee 2000, Shaker, Aachen, S. 201-220.

Walz, U. (2004): Landschaftsstrukturmaße – Indizes, Begriffe und Methoden. In: Walz, U.; Lutze, G.; Schultz, A.; Syrbe, R.-U. (Hrsg.) Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen. 43, S. 15-27.

Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung

Konzept, Funktionalität und erste exemplarische Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor)

Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher

Zusammenfassung

Die amtliche Flächenstatistik in Deutschland erweist sich aus verschiedenen Gründen als ergänzungsbedürftig. Die Auswertung von topographischen Geobasisdaten kann hier einen wesentlichen Beitrag zur Qualifizierung der jetzigen flächenstatistischen Berichtssysteme leisten. Daraus resultiert die Motivation für den Aufbau eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor).

Der Beitrag stellt nach Darstellung der Ziele, Grundlagen und Funktionen dieses Monitors erste exemplarische Ergebnisse einer Flächennutzungsanalyse Deutschlands auf Grundlage der genauesten topographischen Geobasisdaten (ATKIS Basis-DLM) vor. Dazu wurden die Siedlungs- und Verkehrsstruktur zu den Zeitschnitten 2006 und 2008 erfasst und in Form von Indikatoren auf Landes-, Kreis- und Gemeindeebene ausgewertet. Die zugrunde liegenden bundesweiten Flächennutzungsinformationen ermöglichen prinzipiell auch Indikatorberechnungen für nichtadministrative Bezugseinheiten wie Überschwemmungs- und Flusseinzugsgebiete oder quadratische Rasterzellen unterschiedlicher Größe. Die Vorteile der Nutzung topographischer Geobasisdaten für die Analyse der Flächennutzung und ihrer Entwicklung werden gegenüber der katasterorientierten Sicht der amtlichen Flächenstatistik herausgestellt.

Ein Schwerpunkt des Beitrages liegt auf indikatorbasierten Siedlungs- und Verkehrsflächenanalysen. Darüber hinaus ermöglicht die Einbeziehung von Bevölkerungszahlen die Ermittlung von Dichte- bzw. Ausstattungsindikatoren (ausgewählte Flächennutzungsarten pro Einwohner). Straßen- und Schienennetzdichten können sowohl in Bezug auf die Gebietsfläche als auch nur den Siedlungsraum ausgewertet werden. Durch die georäumliche Verortung neuer Bauflächen wird zukünftig erstmals auch die Bestimmung der Relation städtebaulicher Innen- zur Außenentwicklung möglich.

Wegen des aufwändigen Fortführungsprozesses topographischer Geobasisdaten nach Kartenblattschnitten und der damit verbundenen Laufendhaltungszyklen ergeben sich teilweise größere Zeitintervalle für deren Grundaktualität. Deshalb wird beim IÖR-Monitor für jeden Indikator eine mittlere Aktualität zu jeder Gebietseinheit berechnet und in Karten- bzw. Tabellenform angezeigt. In den letzten Jahren gibt es deutliche Verbesserungen der Grundaktualität des ATKIS Basis-DLM in Deutschland, die auch aus diesem Grund die Nutzung dieser Daten für ein Monitoring der Flächennutzung nahelegen.

1 Einführung

Die Inanspruchnahme von Freiräumen für Siedlung und Infrastruktur, das Städtewachstum, die Zersiedelung und Zerschneidung der Landschaft sowie die Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit von Naturräumen einschließlich ihrer Böden sind weltweit zu beobachtende Erscheinungen. Hieraus resultiert eine Herausforderung zum Handeln im Sinne einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Dieser Herausforderung stellt sich die deutsche Bundesregierung in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2002), wo ambitionierte Zielstellungen, wie das 30-ha-Ziel, für den sparsamen und schonenden Umgang mit der begrenzten Ressource Fläche formuliert werden.

Um dies zu erreichen, sind neben rechtlichen und fiskalischen Instrumenten auch informatorische Instrumente notwendig. Für die Beurteilung der Zielerreichung flächenpolitischer Programme oder die Bewertung der Entwicklung hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit stehen derzeit nur aggregierte Maßzahlen der amtlichen Flächenstatistik (Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung, zuletzt 2008, Statistisches Bundesamt 2010) zur Verfügung. Diese Flächennutzungsdaten, die derzeit aus dem Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) abgeleitet werden, sind aus verschiedenen Gründen kritisch zu beurteilen: Dies betrifft ihre räumliche Auflösung (Gemeindebezug, teilweise nur Kreis- oder Bundeslandbezug), ihre begrenzte thematische Differenzierung (Mindestveröffentlichungsprogramm umfasst 17 Hauptnutzungsarten), ihre zeitliche Vergleichbarkeit (bedingt durch technologische Veränderungen der Datengrundlagen von COLIDO [in Ostdeutschland] über ALB/ALK zu ALKIS), ihre räumliche Vergleichbarkeit (Länderspezifika und Gebietsreformen) und ihre Aussagekraft zu Fragen einer nachhaltigen Entwicklung (siehe auch Beitrag Schauer in diesem Band). Außerdem ist die Aktualität der Daten eingeschränkt, insbesondere bei hoher Flächennutzungsänderungsdynamik, wo die Werte von besonderem Interesse sind. So kann sich die ALK/ALB-Aktualisierung, die erst nach amtlicher Vermessung erfolgen kann, bei Flurbereinigungsmaßnahmen, Renaturierungen von Bergbaufolgelandschaften oder überregionalen Straßenbaumaßnahmen oft um mehrere Jahre verzögern. Deshalb ist die alleinige Auswertung des Liegenschaftsbuches mit der grundstücksbezogenen Aggregation von Hauptnutzungsarten auf administrative Gebietseinheiten als Grundlage flächenstatistischer Berichtssysteme in Deutschland nicht mehr ausreichend.

Eine ökologische Raumentwicklung erfordert die Beschreibung von Zustand und Veränderung der Flächennutzung und ihrer Struktur in hoher Auflösung, zeitlich und räumlich vergleichbar und vor allem an flächenpolitischen Zielen (Reduktions,- Schutz-, Erhaltungs-, Nutzungsstruktur- und Nutzungseffizienzzielen) orientiert (Siedentop et al. 2007). Nur auf einer derartigen Informationsgrundlage können Erfolge und Misserfolge der Umsetzung siedlungs- und freiraumpolitischer Ziele nachgewiesen und die Steuerungswirkung von Strategien und Instrumenten der Raumentwicklung bewertet werden.

Geobasisdaten wie die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) mit den Gebäudegrundrissen und das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) sind in den letzten zwei Jahrzehnten entwickelt worden und stehen inzwischen flächendeckend digital und in guter Aktualität zur Verfügung. Erst derartige Geodaten ermöglichen eine hinreichend genaue räumliche Verortung der Flächennutzung und die Lokalisierung und Ausweisung von Nutzungsänderungen. Für eine Bewertung von Flächennutzungsstrukturen und ihrer Entwicklung erlangt die kombinierte Verarbeitung zusammen mit Statistikdaten und weiteren Rauminformationen, wie z. B. Verkehrsinfrastruktur- und Planungsdaten, Siedlungs-, Schutzgebiets- oder Überschwemmungsflächen, immer größere Bedeutung.

Dies erfordert die Entwicklung entsprechender Berechnungs- und Monitoringverfahren. Dazu zählen das Design von Indikatorensystemen, die Algorithmen zur Indikatorberechnung auf Grundlage der Geodaten, die Verknüpfung von Flächennutzungsinformationen mit anderen Informationsquellen aus den Bereichen Umwelt, Wirtschaft, Arbeit, Verkehr, Erholung, Natur- und Landschaftsschutz sowie schließlich die raum-zeitliche kartographische Visualisierung der Indikatorwerte.

2 IÖR-Monitor

2.1 Ziele

Ziel des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) ist es, Zustand und Entwicklung der Flächennutzung und ihrer Struktur indikatorenbasiert sowie räumlich und zeitlich vergleichbar deutschlandweit zu beschreiben. Damit soll der bestehende Informationsbedarf in Ergänzung zur amtlichen Flächenstatistik, der umweltökonomischen Gesamtrechnung (UGR) und der räumlichen Informationssysteme des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (INKAR – Indikatoren und Karten zur Raum- und Stadtentwicklung, Interaktive Karten zur Raumbeobachtung) befriedigt werden. Bei Vorliegen hinreichend vieler Zeitschnitte soll der Monitor zukünftig auch die Umsetzung raumordnungspolitischer Ziele auf allen administrativen Entscheidungsebenen vom Bund bis zu den Kommunen unterstützen. Dabei ist vorgesehen, die Erreichung dieser Ziele durch neue Indikatoren mit verbesserter Aussagekraft zu messen.

Der Monitor bietet über die Internetadresse *www.ioer-monitor.de* frei zugängliche Informationen zur Flächennutzung in Deutschland in einer bisher nicht verfügbaren hohen räumlichen Auflösung bis zu einer Rasterweite von 1 000 m (zukünftig auch bis zu 100 m). Wichtig ist dabei die räumliche und zeitliche Vergleichbarkeit der Daten, da nur unter dieser Bedingung wirkliche Disparitäten und Problemgebiete aufgedeckt werden können.

Außerdem sollen die Informationen des IÖR-Monitors als Beitrag für eine zukünftige deutschlandweite rasterbasierte Regionalstatistik (insbesondere flächennutzungsrelevante Merkmale) sowie als Grundlage für weiterführende raumwissenschaftliche Untersuchungen dienen. Der Monitor ist eine Daueraufgabe des Forschungsbereichs „Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung“ am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) in Dresden.

2.2 Konzept

2.2.1 Datengrundlagen

Datengrundlage des IÖR-Monitors sind topographische Geobasisdaten (ATKIS Basis-DLM), Geofachdaten (z. B. Schutzgebiete des Natur- und Landschaftsschutzes) und amtliche Statistikdaten. Es erfolgt keine Nutzung der Daten des Automatisierten Liegenschaftsbuches (ALB), der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK), des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS) sowie von Planungsdaten (Begründung siehe Schumacher, Meinel 2009). Das ATKIS Basis-DLM mit seinen genauesten geotopographischen Daten Deutschlands wird von den Vermessungsverwaltungen der Länder erhoben und laufend fortgeschrieben. Für bundeslandübergreifende Anwendungen stellt das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) diese Daten aktualisiert ca. vierteljährlich zur Verfügung. Inzwischen liefern die ersten Bundesländer (Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein, Bayern, Hamburg) die Daten auch im neuen ATKIS-Format des AAA-Modells, in dem die drei Modelle AFIS, ALKIS und ATKIS integriert sind. Die Berücksichtigung der sehr unterschiedlichen Datenaktualität ist von großer Bedeutung für die korrekte zeitliche und räumliche Vergleichbarkeit der Indikatoren. Das Verfahren zur Berechnung der mittleren Aktualität (Datenalter) jedes Indikators einer Gebietseinheit wird in Meinel 2009 erläutert.

2.2.2 Flächennutzungsschema

Dem IÖR-Monitor liegt das in Abbildung 1 dargestellte Flächennutzungsschema zugrunde. Es geht in Anlehnung an das neue ATKIS-Modell (AdV 2008) von einer lückenlosen, überschneidungsfreien und flächendeckenden Beschreibung der Erdoberfläche durch Grundflächen aus. Dazu müssen linienhafte Objekte, wie Straßen, Schienen und kleine Fließgewässer, gepuffert werden (siehe Beitrag Krüger in diesem Band). Das Flächennutzungsschema ist hierarchisch aufgebaut und umfasst derzeit drei Gliederungsebenen. Siedlungs-, Verkehrs- und Freiraumflächen stehen auf der obersten Stufe der Hierarchie und summieren sich zur jeweiligen Gebietsfläche. Diese umfasst auf der höchsten administrativen Ebene das terrestrische Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland ohne Meeresgebiete. Eine vierte Ebene wird im Zuge der weiteren Differenzierung der

Flächennutzungen später ergänzt. Geplant ist z. B. die Aufgliederung der Klasse Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen zur Flächenermittlung von Golfplätzen oder die Ausweisung von Sonderkulturen – wie Wein – innerhalb sonstiger Landwirtschaftsflächen.

Abb. 1: Flächennutzungsschema des IÖR-Monitors (Quelle: www.ioer-monitor.de)

Bei der Zuordnung der Flächen ist folgendes zu beachten:

- Die baulich geprägte Fläche enthält nicht nur die Gebäude, sondern reicht gemäß ATKIS Basis-DLM in der Regel bis zur Grenze des bebauten Grundstücks (einschl. Hofraumfläche bzw. Hausgarten).
- Siedlungsfreiflächen als Teil des Siedlungsraumes umfassen Sport- und Freizeitanlagen, Campingplätze, Friedhöfe und Grünanlagen. Grünland einschließlich Gartenland wird dann als Siedlungsfreifläche betrachtet, wenn es sich im Bereich von Ortslagen befindet.
- Zu Verkehrsflächen werden alle versiegelten Flächen gezählt, die dem Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Flugverkehr dienen. Eingeschlossen werden dabei auch Rastplätze, Märkte, Fußgängerzonen und Häfen sowie unmittelbar dazugehörige Gebäude wie Bahnhöfe oder Flughafenterminals. Da Wege und ungenutzte Schienentrassen in der Regel unversiegelt sind, werden sie nicht zur Verkehrsfläche gerechnet.
- Straßenflächen beinhalten alle befestigten Verkehrswege für den Kraftverkehr einschließlich der Seitenstreifen und direkt angrenzende Rad- und Fußwege. Verkehrsbegleitflächen, wie Böschungen oder Seitenbepflanzungen, zählen nicht zur Straßenfläche.
- Als Freiraum wird ein großflächig unbebautes oder nur sehr gering bebautes (oft naturnahes) Gebiet verstanden, für das nach raumplanerischer Vorstellung keine Erhöhung der Siedlungstätigkeit vorgesehen ist.
- Abbauflächen wie Tagebaue, Gruben oder Steinbrüche werden, abzüglich ihrer baulich geprägten Flächen, die zur Industrie- und Gewerbefläche und damit zur Siedlungsfläche zählen, den Freiraumflächen zugeordnet.

2.2.3 Indikatorauswahl

Nach welchen Kriterien erfolgt nun die Auswahl und Entwicklung von Indikatoren? Entsprechend dem Fokus des IÖR-Monitors muss jeder Indikator einen Bezug zur Flächennutzung aufweisen und eine räumliche Differenzierung ermöglichen. Weitere Auswahlkriterien sind der Ökologie- bzw. Nachhaltigkeitsbezug sowie das langfristige Interesse an den Indikatorwerten. Natürlich muss auch die Verfügbarkeit der Datengrundlagen für die Indikatorenberechnung flächendeckend für Deutschland gesichert sein (am besten durch gesetzlichen Fortführungsauftrag wie bei allen Geobasisdaten). Eine automatisierte Berechenbarkeit der Indikatorwerte ist erforderlich, da eine deutschlandweite manuelle Bearbeitung (z. B. Luftbildinterpretationen) im Rahmen des Monitors nicht leistbar wäre. Schließlich soll natürlich die Indikatorauswahl die Informationsbedürfnisse von Wissenschaft und Praxis im Themenfeld Flächennutzung decken.

2.2.4 Verarbeitung

Die Daten werden bundeslandweise automatisiert mithilfe von Python-Skripten in der GIS-Software ArcGIS (ESRI) aufbereitet. Die wichtigsten Verarbeitungsschritte sind die Befreiung von räumlichen Redundanzen (Eliminierung von Überlagerungsflächen) nach den Regeln des neuen ATKIS-Modells (siehe ATKIS-Objektartenkatalog Basis-DLM 6.0, AdV 2008) sowie die Pufferung der in der Regel nur linienhaft modellierten Straßen und Gewässer (siehe Beitrag Krüger in diesem Band). Anschließend erfolgen die Verschneidungen mit den verschiedenen Gebietseinheiten und die Speicherung der Indikatoren in einer MySQL-Datenbank.

2.2.5 Visualisierung

Die Indikatoren zur Beschreibung des Standes und der Entwicklung der Flächennutzung sollen räumlich und zeitlich vergleichbar sein. Zur Visualisierung der Indikatorwerte für verschiedene Zeitschnitte und Raumeinheiten wurden zwei Viewer entwickelt: Der Übersichts-Viewer (Meinel, Förster, Witschas 2009) auf SVG-Basis vermittelt einen schnellen Überblick zur räumlichen Verteilung eines Indikators in Deutschland. Nach Wahl des Zeitschnitts, der gewünschten räumlichen Ausdehnung und der Raumgliederung realisiert er die Darstellung der Indikatorwerte in einem festen, dem jeweiligen räumlichen Ausdehnung angepassten Maßstab, was die Bedienung sehr erleichtert. Ein Detail-Viewer auf Basis eines WebGIS-Konzepts (Ende 2010 verfügbar) ermöglicht die Visualisierung der Indikatorwerte in beliebigen vor allem auch größeren Maßstäben sowie den Vergleich von zwei Zeitschnitten durch ein zweites Kartenfenster. Tabelle 1 charakterisiert diese beiden Kartenviewer des IÖR-Monitors im Vergleich.

Tab. 1: Vergleich der beiden Kartenviewer des IÖR-Monitors (Quelle: Projektdokument IÖR, 2010)

	Übersichts-Viewer	Detail-Viewer
Verwendung	Übersichtsinformationen ohne GIS-Funktionalität	Detailinformationen mit GIS-Funktionalität
Erstdarstellung	Deutschland gesamt	wählbarer Ort
Räumliche Gliederung	Bund, Länder, Raumordnungsregionen, Kreise, Gemeinden, Raster (1 000 m)	Gemeinden, Raster (100, 250, 500, 1 000 m), später auch Gemarkungen und Baublöcke
Darstellungsmöglichkeiten und Funktionen	Choroplethenkarte, statistische Parameter, Tabelle (Vergleichsmöglichkeit mit übergeordneten Gebietseinheiten, anderen Zeitschnitten und Indikatoren)	Choroplethenkarte, Kombination mit Geo-Diensten (Google, Bing, OpenStreetMap) und WMS-Diensten, 2-Fenstertechnik, Pan, Zoom, Info
Technische Grundlagen	SVG und XML	WebGIS: Server: ArcGIS Server, Client: Open Layers
Datenbank	Indikatoren: MySQL, Gebietsgeometrien: PostgreSQL	Geodatenbank: FileGDB

Neben den administrativen Gebietseinheiten Bundesländer, Kreise (differenziert nach kreisfreien Städten und Landkreisen) und Gemeinden sind auch Rasterdarstellungen möglich (derzeit 1 000 m, ab 2011 bis 100 m Rasterweite). Die Berechnung und Visualisierung ausgewählter Indikatoren für andere nichtadministrative Gebietseinheiten, wie Flusseinzugs- bzw. Überschwemmungsgebiete oder Gemarkungen, ist in Vorbereitung.

2.3 Realisierung

Der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung ist seit seiner Freischaltung auf dem 2. Dresdner Flächennutzungssymposium am 17.06.2010 öffentlich erreichbar. Auf der Startseite (*www.ioer-monitor.de*) werden wichtige Grundinformationen vermittelt, eine Karte zu einem aktuellen Thema gezeigt und auf Neuigkeiten unter „Aktuelles“ hingewiesen (Abb. 2).

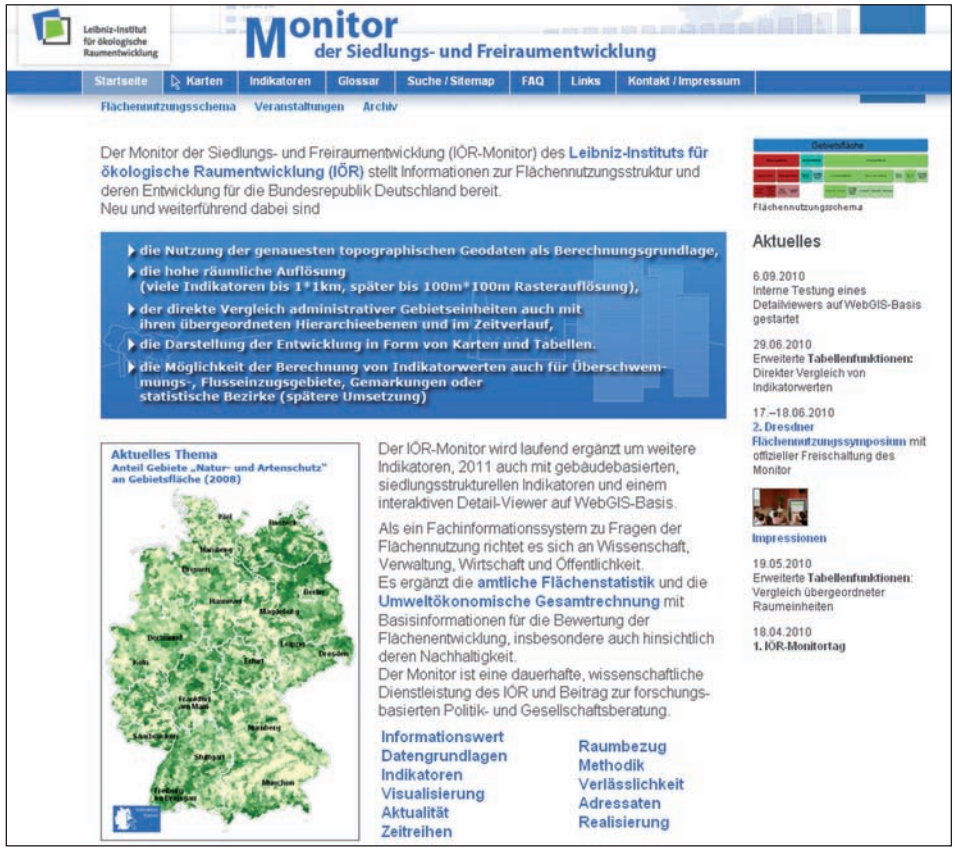


Abb. 2: Startseite des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (Quelle: www.ioer-monitor.de)

Der Zugang zu den Kartendarstellungen im Übersichts-Viewer kann wahlweise über das Flächennutzungsschema (rechts oben), den Reiter „Karten" (links oben) oder das aktuelle Thema (links unten) erfolgen.

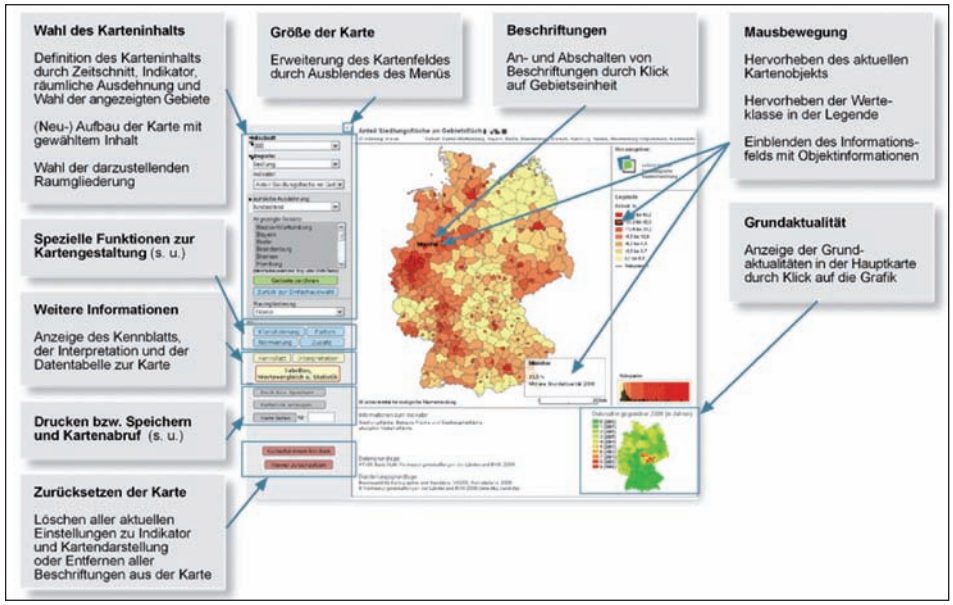


Abb. 3: Steuerungsoptionen des Übersichts-Viewers des IÖR-Monitors (Quelle: www.ioer-monitor.de)

Der Übersichts-Viewer (Steuerungsoptionen siehe Abb. 3) ist in ein Interaktions- (links) und ein Kartenfeld (rechts) geteilt. In einer Nebenkarte (unten rechts) wird die Aktualität der Daten angezeigt. Über das Interaktionsfeld ist ein Analysetool (Tabellen, Wertevergleich und Statistik) wählbar, das neben der statistischen Auswertung die Indikatorwerte als Tabelle zeigt und eine Histogrammdarstellung ermöglicht.

Die tabellarische Darstellung bietet zahlreiche Funktionen:

- räumliche Gebietsvergleiche untereinander und auch mit übergeordneten Gebietseinheiten (Abb. 4 oben),
- Vergleiche mit anderen Zeitschnitten, unter Berücksichtigung der Datenaktualität (Abb. 4 unten),
- Vergleiche mit anderen Indikatoren,
- Gebietsprofile durch Anzeige aller Indikatorwerte einer Gebietseinheit,
- Hinweise auf Besonderheiten von Gebietseinheiten (z. B. große Erholungs-, Tagebaufläche, eingeschränkte Vergleichbarkeit) und
- Sortierung der Gebietseinheiten nach einer ausgewählten Tabellenspalte.

Eine Grafik zur Darstellung der zeitlichen Entwicklung von Indikatoren über mehr als zwei Zeitschnitte befindet sich in Vorbereitung.

IÖR-Monitor©Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

Einwohnerdichte pro Siedlungs- und Verkehrsfläche (2008)

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

Einheit: Ew/km²
Zeitschnitt: 2008
Einbezogenes Gebiet: Deutschland
Raumgliederung: Kreise / nur Landkreise / nur kreisfreie Städte
Anzahl der Gebietseinheiten: 413
Minimum: 782,95 (Prignitz)
Maximum: 5.962,21 (Offenbach am Main)
Arithmetisches Mittel: 2.185,5
Bundesrepublik: 2.107,7
Indikator zum Vergleich: Kein Vergleichsindikator

☑ Übergeordnete Raumeinheiten
☑ Bundesländer
☐ Bundesrepublik
☑ Mittlere Grundaktualität
☐ Zeitschnitt 2006 anfügen

Übersicht zu Hinweisen in der Tabelle:
⚠ Vergleich mit Vorwerten ist nur eingeschränkt möglich (Attributsänderung)
⚠ schließt große Erholungsflächen ein (Golfplatz, Wildpark etc.)
⚠ schließt große Tagebauflächen ein

Sortierung über Klick in jeweiligen Spaltennamen möglich

Kreis (2008)					Übergeordnetes Bundesland (2008)		
lfd. Nr.	AGS	Name	Kreiswert	Mittlere Grund-aktualität	Differenz zum Bundesland	Bundeslandwert (Name)	Mittlere Grundakt. Bundesland
1	05354	Aachen	**2.686,1**	2006	20,9	2.665,2 (Nordrhein-Westfalen)	2006
2	05313	Aachen (Stadt)	**4.440,4**	2006	1.775,2	2.665,2 (Nordrhein-Westfalen)	2006
3	07131	Ahrweiler	**1.828,9**	2007	-181,7	2.010,6 (Rheinland-Pfalz)	2006
4	09771	Aichach-Friedberg	**1.801,5**	2008	-168,3	1.969,8 (Bayern)	2008
5	08425	Alb-Donau-Kreis	**1.739,6**	2008	-909,8	2.649,4 (Baden-Württemberg)	2008
6	09171	Altötting	**1.654,1**	2008	-315,7	1.969,8 (Bayern)	2008
7	16077	Altenburger Land	**1.546,4**	2000	-197,2	1.743,6 (Thüringen)	2002
8	07132	Altenkirchen (Ww.)	**1.763,8**	2007	-246,8	2.010,6 (Rheinland-Pfalz)	2006
9	15081	Altmarkkreis Salzwedel	**919,8**	2006	-587,7	1.507,5 (Sachsen-Anhalt)	2007
10	07331	Alzey-Worms	**2.275,3**	2006	264,7	2.010,6 (Rheinland-Pfalz)	2006
11	09361	Amberg	**2.718,0**	2008	748,2	1.969,8 (Bayern)	2008
12	09371	Amberg-Sulzbach	**1.322,3**	2008	-647,5	1.969,8 (Bayern)	2008
13	03451	Ammerland	**1.142,3**	2007	-432,1	1.574,4 (Niedersachsen)	2006
14	15082	Anhalt-Bitterfeld	**1.418,4**	2007	-89,1	1.507,5 (Sachsen-Anhalt)	2007

Kreis (2008)					Zum Vergleich (2006)				
lfd. Nr.	AGS	Name	Kreiswert	Mittlere Grund-aktualität	Kreiswert	Mittlere Grund-aktualität	Differenz	Aktualitäts-differenz	Differenz (ø pro Jahr)
1	05354	Aachen	**2.686,1**	2006	**2.724,7**	2002	38,60	4	9,65
2	05313	Aachen (Stadt)	**4.440,4**	2006	**4.459,1**	2001	18,67	5	3,73
3	07131	Ahrweiler	**1.828,9**	2007	**1.867,8**	2004	38,88	3	12,96
4	09771	Aichach-Friedberg	**1.801,5**	2008	**1.841,3**	2005	39,77	3	13,26
5	08425	Alb-Donau-Kreis	**1.739,6**	2008	**1.814,8**	2005	75,18	3	25,06
6	09171	Altötting	**1.654,1**	2008	**1.702,5**	2003	48,41	5	9,68
7	16077	Altenburger Land	**1.546,4**	2000	**1.561,4**	1999	15,06	1	15,06
8	07132	Altenkirchen (Ww.)	**1.763,8**	2007	**1.820,5**	2003	56,74	4	14,18
9	15081	Altmarkkreis Salzwedel	**919,8**	2006	Gebietsstandsänderung	-		-	Nicht berechenbar
10	07331	Alzey-Worms	**2.275,3**	2006	**2.311,4**	2003	36,08	3	12,03
11	09361	Amberg	**2.718,0**	2008	**2.791,2**	2006	73,24	2	36,62
12	09371	Amberg-Sulzbach	**1.322,3**	2008	**1.362,9**	2001	40,67	7	5,81
13	03451	Ammerland	**1.142,3**	2007	**1.148,5**	2005	6,20	2	3,10
14	15082	Anhalt-Bitterfeld	**1.418,4**	2007	Gebietsstandsänderung	-		-	Nicht berechenbar

Abb. 4: Tabellarische Indikatorauswertung mit Vergleich zur übergeordneten Gebietseinheit (oben) oder zu einem anderen Zeitschnitt (unten) (Quelle: www.ioer-monitor.de)

Eine Übersicht der derzeit für die Zeitschnitte 2006 und 2008 verfügbaren Indikatoren zeigt Tabelle 2 (Stand 8/2010).

Tab. 2: Übersicht der Indikatoren des IÖR-Monitors (Stand 08/2010)
(Quelle: Projektdokument IÖR, 2010)

Kategorie	Indikator
Siedlung	Anteil Siedlungsfläche an Gebietsfläche
	Siedlungskörperdichte
	Anteil Industrie- und Gewerbefläche an Gebietsfläche
	Anteil Industrie- und Gewerbefläche an Siedlungsfläche
	Anteil Siedlungsfreifläche an Gebietsfläche
	Anteil Siedlungsfreifläche an Siedlungsfläche
	Anteil bebauter Fläche ohne Industrie und Gewerbe an Gebietsfläche
	Anteil Siedlungs- und Verkehrsfläche an Gebietsfläche
	Anteil Siedlungsfläche an Siedlungs- und Verkehrsfläche
	Anteil bebauter Fläche an Gebietsfläche
Freiraum	Anteil Freiraumfläche an Gebietsfläche
	Anteil Landwirtschaftsfläche an Gebietsfläche
	Anteil Ackerfläche an Gebietsfläche
	Anteil Grünlandfläche an Gebietsfläche
	Anteil Wald- und Forstfläche an Gebietsfläche
	Anteil Wasserfläche an Gebietsfläche
Bevölkerung[1]	Einwohnerdichte pro Gebietsfläche
	Einwohnerdichte pro Siedlungs- und Verkehrsfläche
	Industrie- und Gewerbefläche pro Einwohner
	Siedlungsfreifläche pro Einwohner
	Freiraumfläche pro Einwohner
	Landwirtschaftsfläche pro Einwohner
	Wald- und Forstfläche pro Einwohner
	Verkehrsfläche pro Einwohner
Verkehr	Anteil Verkehrsfläche an Gebietsfläche
	Anteil Verkehrsfläche an Siedlungs- und Verkehrsfläche
	Anteil Straßenfläche an Gebietsfläche
	Anteil Straßenfläche an Siedlungs- und Verkehrsfläche
	Straßennetzdichte in Gebietsfläche
	Straßennetzdichte im Siedlungsraum
	Schienennetzdichte in Gebietsfläche
	Schienennetzdichte im Siedlungsraum
	Verkehrsflächennutzungsdichte[1]
Landschafts- und Naturschutz[2]	Anteil Schutzgebiete gesamt an Gebietsfläche
	Anteil Gebiete „Natur- und Artenschutz“ an Gebietsfläche
	Anteil Gebiete „Landschaftsschutz“ an Gebietsfläche

[1] wegen fehlender Bezugsgrößen derzeit nur für administrative Gebietseinheiten
[2] Berechnung auf Grundlage von Geofachdaten des BfN

Ein Kennblatt Informiert zu jedem Indikator; es enthält die Maßeinheit, eine Kurzbeschreibung, Angaben zu allgemeiner Bedeutung, Datengrundlagen und Berechnungsmethodik, Verweise auf andere Begriffe (siehe Glossar), Verfügbarkeit für Bezugsebenen sowie Quellen und Literaturhinweise. Außerdem wird für jeden Indikator eine Interpretation der Indikatorwertausprägung auf Kreisbasis für den jeweiligen Zeitschnitt angeboten. Hier sind Angaben zum grundsätzlichen räumlichen Verteilungsmuster, Auffälligkeiten, Extremwerte und Spannweiten der Indikatorwerte zu finden. Außerdem erklärt der IÖR-Monitor wichtige Begriffe in einem Glossar, beantwortet häufige Fragen (FAQ), informiert über Datenanbieter, Quellen, wichtige Partner und thematische Entwicklungen im Umfeld der Flächennutzung einschließlich Links und ermöglicht E-Mail-Kontakt zu den Entwicklern.

3 Erste exemplarische Ergebnisse

3.1 Siedlungsstruktur – Beispiel Industrie- und Gewerbeflächenverteilung

Die Ausprägung eines wichtigen Indikators zur Charakterisierung von Siedlungsstrukturen soll im Folgenden kurz vorgestellt werden: Der Indikator „Anteil Industrie- und Gewerbefläche an Gebietsfläche“ beschreibt die Inanspruchnahme von Industrie- und Gewerbeflächen an der Gebietsfläche. Eine Übersichtskarte dieses Indikators auf Gemeindeebene 2008 zeigt dessen differenzierte räumliche Verteilung in Deutschland (Abb. 5).

Die Auswertung auf Kreisebene für 2008 ergibt folgende Einschätzung: Altindustrialisierte Regionen sowie ausgewählte Großstadtregionen fallen durch einen hohen Anteil Industrie- und Gewerbefläche sowohl in den Kernstädten als auch in den Landkreisen auf. Die kreisfreien Städte weisen erwartungsgemäß fast durchweg einen deutlich höheren Anteil Industrie- und Gewerbefläche an ihrer administrativen Gebietsfläche auf als die sie umgebenden Landkreise.

Beispiele für altindustrialisierte Regionen mit hohen Indikatorwerten stellen das Rhein-Ruhr-Gebiet, das Saarland, die Räume Salzgitter-Wolfsburg, Halle-Leipzig oder Chemnitz-Zwickau, das Rhein-Main- oder das Rhein-Neckar-Gebiet dar. Hohe Werte sind außerdem in den Großstadtregionen Hamburg, Stuttgart und München zu verzeichnen. Besonders niedrige Werte erreicht der Indikator im Norden Schleswig-Holsteins, in großen Teilen Niedersachsens, in der Eifel (Rheinland-Pfalz) sowie in ländlichen Regionen Bayerns einschließlich des gesamten Alpenraumes.

Die Spannweite der relativen Indikatorwerte ist groß; sie liegt 2008 zwischen 0,3 % (Landkreis Garmisch-Partenkirchen in Bayern) und 14,6 % (Stadt Ludwigshafen am Rhein). Bezogen auf die Bundesländer besitzt Schleswig-Holstein den geringsten und

Bremen den größten Anteil Industrie- und Gewerbefläche; von den Flächenländern liegt Nordrhein-Westfalen an der Spitze.

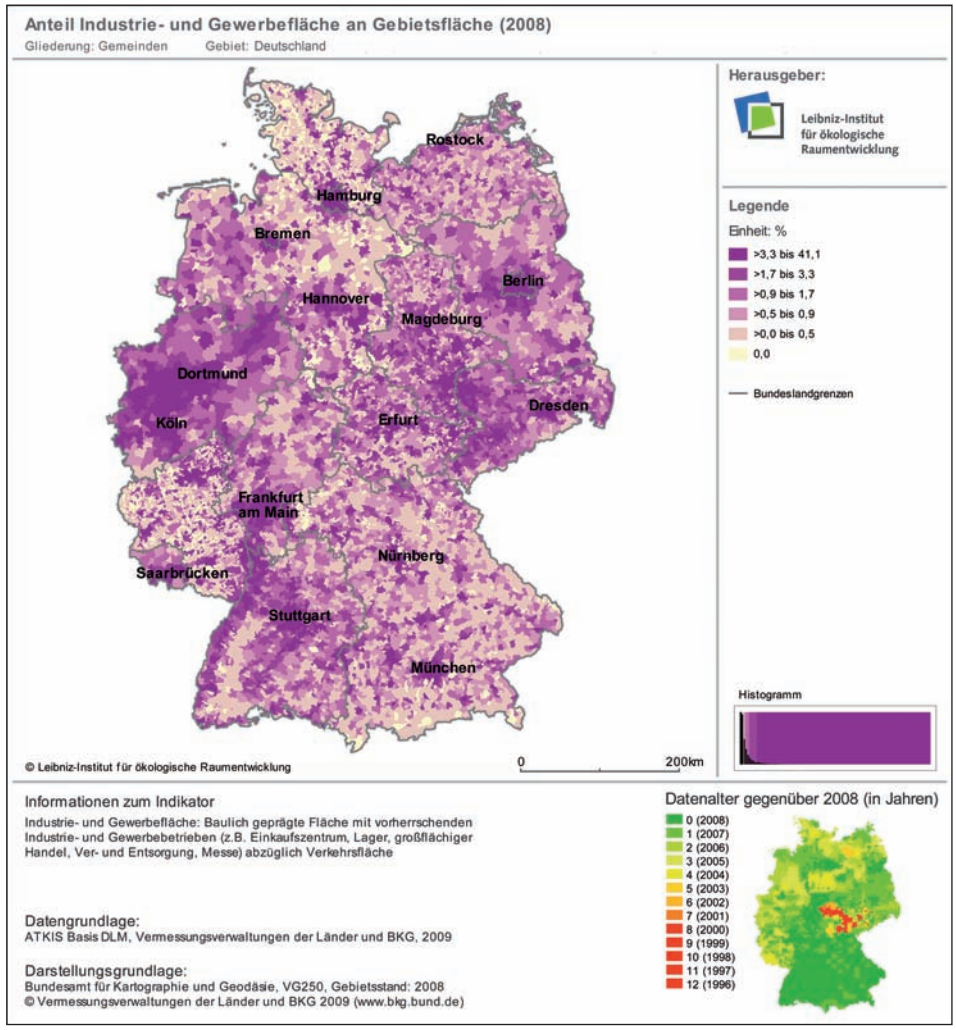


Abb. 5: Übersichtskarte des Indikators „Anteil Industrie- und Gewerbefläche an Gebietsfläche" auf Gemeindeebene in Deutschland 2008 (Quelle: www.ioer-monitor.de)

3.2 Verkehrsstruktur – Beispiel Straßennetzdichte

Bedeutenster Verkehrsträger in Deutschland ist das Straßennetz. Der Indikator „Straßennetzdichte in Gebietsfläche" beschreibt die Länge des gesamten Straßennetzes pro Gebietsfläche. Eine Übersichtskarte dieses Indikators auf Gemeindeebene 2008 zeigt Abbildung 6.

Die Auswertung auf Kreisebene für 2008 ergibt folgende Einschätzung: Der Indikator ist durch ein West-Ost-Gefälle charakterisiert, welches von weiteren Einflüssen überlagert wird. Das Gefälle resultiert aus dem extensiven Ausbau der Straßenverkehrsinfrastruktur im Zusammenhang mit der höheren Siedlungsdichte in Westdeutschland seit den 1950er Jahren. Hohe Indikatorwerte treten besonders in größeren Städten, dicht besiedelten und über das Straßennetz gut erschlossenen Regionen auf. Die kreisfreien Städte weisen erwartungsgemäß eine deutlich höhere Straßennetzdichte bezogen auf ihre administrative Gebietsfläche auf, als die sie umgebenden Landkreise. Der Indikator „Straßennetzdichte in Gebietsfläche" besitzt eine positive Korrelation zu einigen Indikatoren des Siedlungsraumes. Andererseits besteht eine negative Korrelation zu wichtigen Indikatoren des Freiraumes.

Mit einer hohen Straßennetzdichte fallen die Großräume Hamburg, Hannover, Stuttgart, Nürnberg und München neben altindustrialisierten Regionen wie dem Rhein-Ruhr-Gebiet, dem Saarland, dem Rhein-Main- oder dem Rhein-Neckar-Gebiet auf. Außerdem sind altindustrialisierte Regionen in Sachsen und dem südlichen Sachsen-Anhalt durch höhere Werte auch in den Landkreisen gekennzeichnet. Besonders niedrige Netzdichten erreicht der Indikator im Norden und Nordosten Deutschlands, d. h. in Schleswig, in Mecklenburg-Vorpommern, in weiten Teilen Brandenburgs, in der Altmark (Sachsen-Anhalt) und im benachbarten Wendland (Niedersachsen). Dagegen zeigen die Landkreise im Nordwesten (Niedersachsen) tendenziell höhere Werte. Außerdem sind niedrige Indikatorwerte in einigen ländlich geprägten Gebieten Thüringens und Bayerns einschließlich von Teilen des Alpenraumes zu verzeichnen.

Die Spannweite der relativen Indikatorwerte ist groß; sie liegt 2008 zwischen 0,72 km/km² (Altmarkkreis Salzwedel) und 9,09 km/km² (München). Bezogen auf die Bundesländer besitzt Mecklenburg-Vorpommern die geringste und Berlin die größte Netzdichte; bei den Flächenländern liegt Nordrhein-Westfalen an der Spitze. In der Rangfolge der 112 kreisfreien Städte liegt Leipzig mit dem höchsten Indikatorwert der Straßennetzdichte in Ostdeutschland erst auf Rang 34.

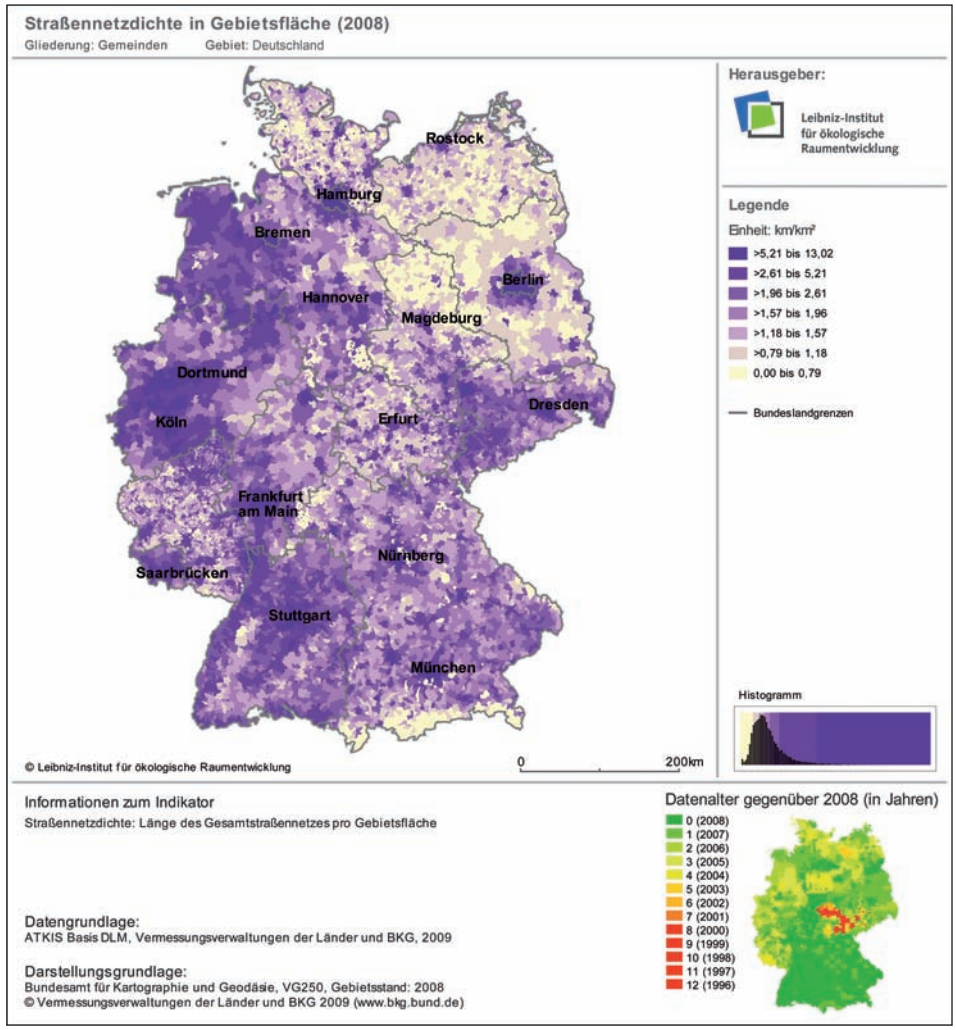


Abb. 6: Übersichtskarte des Indikators „Straßennetzdichte in Gebietsfläche“ auf Gemeindeebene in Deutschland 2008 (Quelle: www.ioer-monitor.de)

4 Fazit und Ausblick

Der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung informiert im Internet über die Flächennutzungssituation in Deutschland. Wichtige Adressaten sind raumwissenschaftliche Einrichtungen (Geographie, Raumplanung, Verkehrs-, Wirtschafts- und Sozialforschung) sowie Bau- und Umwelteinrichtungen des Bundes und der Länder, z. B. das Umweltbundesamt (UBA), das Bundesamt für Naturschutz (BfN), das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) sowie Bau- und Umwelteinrichtungen der Länder. Weiterhin werden Planungseinrichtungen der Landes- und Regionalplanung, der

Stadtplanung, von Fachplanungen (Verkehrs-, Landschafts- und Infrastrukturplanung) sowie Politik und Verbände (Bundes-, Landesparlamentarier, Kreis-, Stadt- und Gemeinderäte, Fachverbände, NGOs) angesprochen. Außerdem werden den Medien und der interessierten Öffentlichkeit mit dem IÖR-Monitor Informationen zur Flächennutzungssituation in Deutschland geboten. Es besteht die Hoffnung, mithilfe des Monitors die Aufmerksamkeit stärker auf das Thema Flächensparen zu lenken, die Anstrengungen dafür zu unterstützen und die Erreichung siedlungspolitischer Ziele zu überprüfen.

Der Monitor wurde im Sommer 2010 für die öffentliche Nutzung freigeschaltet. Derzeit sind Indikatoren für die Zeitschnitte 2006 und 2008 verfügbar. Dieses Informationsangebot soll sukzessiv erweitert werden. Auf Grundlage der aktuellsten ATKIS-Daten werden im zweijährlichen Turnus entsprechende Zeitschnitte ergänzt. Außerdem ist die Indikatorenberechnung für frühere Zeitschnitte auf Grundlage analoger Topographischer Karten (1:25 000) vorgesehen. Dafür erfolgen gegenwärtig Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am IÖR (Meinel, Hecht, Herold 2009a, 2009b; Hecht 2010; Herold, Hecht, Meinel 2010).

Das Indikatorensystem soll schrittweise ergänzt werden, wobei sich Indikatoren zu folgenden Themen in Planung befinden:

- Freiraum: Landschaftszerschneidung, Naturnähe der Flächennutzung, Gefährdung von Schutzgebieten und Landschaftsvielfalt,
- Gebäude und Energie: Bewertung von Siedlungsstrukturen, Gebäudestofflager und -stoffströme, Energieeinsatz und Infrastrukturnetze (Berechnung gebäudebasierter Indikatoren mittels des Settlement Analyzers SEMENTA®),
- Risiko: bauliche Entwicklung und Schadenspotenzial in Flusseinzugs- und Überschwemmungsgebieten, Vulnerabilitäts- und Risikoindikatoren,
- Verkehr: Erreichbarkeit im öffentlichen Personenverkehr (ÖPV) sowie
- Bevölkerung: kleinräumige Verteilung.

Zur internationalen Anwendung der erarbeiteten Monitoringtechnologien befinden sich Verfahrenstransformationen in Entwicklung. Dies betrifft z. B. ein Trainingstool zur Anpassung von SEMENTA® auf andere Kartengrundlagen sowie ein Verfahren zur Datenhomogenisierung (z. B. zwischen deutschem ATKIS und tschechischem ZABAGED dargestellt bei Gedrange, Neubert 2010). Gerade die Homogenisierung von Geobasisdaten stellt eine wichtige Voraussetzung, aber auch eine große Herausforderung dar, deren Umsetzung durch den INSPIRE-Prozess (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) in der Europäischen Union eingeleitet wurde.

Zur Erkennung von Mustern und Regelhaftigkeiten der Siedlungsentwicklung der Flächennutzung ist die Anwendung von multivariaten Analysen sowie Verfahren des Data Minings auf den komplexen und mit jedem Zeitschnitt wachsenden Monitor-Datenbeständen ab 2011 geplant (Thinh, Meinel, 2009).

5 Literatur

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2008): ATKIS-Objektartenkatalog Basis-DLM, Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), ATKIS-Katalogwerke, Version 6.0, Stand: 11.04.2008.

Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Presse und Informationsamt der Bundesregierung.

Gedrange, C.; Neubert, M. (2010): Grenzüberschreitende Harmonisierung amtlicher Geobasisdaten Deutschlands (Sachsen) und der Tschechischen Republik. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2010. Beiträge zum 22. AGIT-Symposium Salzburg. Berlin, Offenbach: Wichmann, S. 803-812.

Hecht, R. (2010): Classification of Building Footprints. In Proceedings of the GIScience 2010 DC, IfGIprints vol. 38, AKA, Heidelberg, S. 35-40.

Hecht, R.; Herold, H.; Meinel, G. (2008): Gebäudescharfe Analyse der Siedlungsentwicklung auf Grundlage mittelmaßstäbiger Karten. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg: Wichmann, S. 11-17.

Herold, H.; Hecht, R.; Meinel, G. (2010): Hochauflösende Modellierung urbaner Veränderungsprozesse auf Basis multitemporaler topographischer Kartenserien. In: Proceedings des 18. Deutschsprachigen Kolloquiums für Theorie und Quantitative Methoden in der Geographie 2010, IÖR-Schriften, Dresden (im Erscheinen).

Herold, H.; Meinel, G.; Csaplovics, E. (2010): An Approach to Spatio-Temporal Information Retrieval from Map Series for Monitoring Urban Dynamics. In: Proceedings of the GIScience 2010 DC, IfGIprints vol. 38, AKA, Heidelberg, S. 41-44.

Meinel, G. (2009): Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung auf Grundlage von Geobasisdaten. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring, Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker, S. 177-194.

Meinel, G.; Förster, J.; Witschas, S. (2009): Geobasisdaten – Grundlage für die Berechnung von Indikatoren zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung. In: Kartographische Nachrichten, 5/2009, S. 243-250.

Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H. (2009a): Analysing Building Stock using Topographic Maps and GIS. In: Building Research & Information, Volume 37, Issue 5, S. 468-482.

Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H. (2009b): Verfahren zur Erhebung, Analyse und Visualisierung von Gebäudebestands- und Siedlungsentwicklungen auf Grundlage Topographischer Kartenreihen. Land use economics and planning – Discussion Paper Series, Ökonomie und Planung der Flächennutzung, Diskussionspapier Reihe, No. 09-07, Georg-August-Universität, Göttingen, 24 S.

Meinel, G., Hecht. R., Herold, H., Schiller, G. (2008): Automatische Ableitung von stadtstrukturellen Grundlagendaten und Integration in einem Geographischen Informationssystem, Forschungen Heft 134, Herausgeber BBR, Bonn, 98 S.

Meinel, G.; Knop, M.; Hecht, R. (2008): Qualitätsaspekte und Verfügbarkeit digitaler Geobasisdaten in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung des ATKIS® Basis-DLM und der DTK25(-V). In: Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation, 1/2008, S. 29-40.

Schumacher, U.; Meinel, G. (2009): ATKIS, ALK(IS), Orthobild – Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings. In: Meinel, G.; Schumacher, U. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring, Konzepte – Indikatoren – Statistik. Aachen: Shaker, S. 47-67.

Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. Ein Projekt des Forschungsprogramms „Allgemeine Ressortforschung“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Forschungen / BBR; 130, Bonn, 178 S.

Statistisches Bundesamt (2010): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung 2008. Qualitätsbericht. Wiesbaden, 16 S.

Thinh, N. X.; Meinel, G. (2009): Spatial Data Infrastructures and Data Mining – An Introduction. In: Möller, A.; Page, B.; Schreiber, M. (Hrsg.): Environmental Informatics and Industrial Ecology, 10.-12.9.2008, Lüneburg, S. 101-108.

Indikatoren zur Freiraumstruktur sowie zum Landschafts- und Naturschutz – Ausgewählte Ergebnisse des IÖR-Monitors

Ulrich Walz, Ulrich Schumacher

Zusammenfassung

Der Beitrag stellt erste Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) für die Bereiche Freiraum sowie Landschafts- und Naturschutz vor. Hier geht es um die quantitative Beschreibung des Zustands, der Entwicklung und Belastung von Freiräumen durch Kernindikatoren. Der Fokus liegt dabei auf den Schutzgütern Biodiversität und Boden (mittelfristig) sowie der Erholungseignung der Landschaft. Auf Basis von Flächennutzungsinformationen verschiedener Zeitschnitte werden Analysen über die Ausstattung und Struktur der Freiräume in Deutschland einschließlich ihrer Nutzungsänderungen auf Landes-, Kreis- und Gemeindeebene durchgeführt.

In der Kategorie Freiraumstruktur werden raumbezogene Kennzahlen zum Wald, zum Grünland und zu Streuobstwiesen vorgestellt. Dabei ergeben sich durch die bundesweite Auswertung von topographischen Geobasisdaten (ATKIS Basis-DLM) prinzipiell neue Möglichkeiten. Daneben werden aber auch Grenzen des aktuellen Bearbeitungsstandes dieser Daten sichtbar, wie sich beispielsweise bei Informationen zum Streuobst zeigt.

In der Kategorie Landschafts- und Naturschutz werden drei aggregierte Indikatoren vorgestellt: zu den Schutzgebieten insgesamt, zu Gebieten des „Natur- und Artenschutzes“ und zu Gebieten des „Landschaftsschutzes“. Die kartographische Darstellung und statistische Auswertung von Geofachdaten verschiedener Schutzgebiete liefert wichtige Informationen für die Landschaftsplanung. Raumbezogene Analysen auf dieser Basis geben zielgerichtete Hinweise auf den anthropogenen Nutzungsdruck in geschützten Landschaften sowie die Dynamik dieser Entwicklung.

1 Zielstellung

In der Kategorie „Freiraumstruktur und Landschaftsfunktionen“ des deutschlandweiten Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) wird ein Indikatorensystem zur Beschreibung des Zustands, der Entwicklung und Belastung von Freiräumen entwickelt. Grundlegende Indikatoren sollen dabei Auskunft zur Entwicklung der Flächennutzung, zur Ausstattung und Struktur der Freiräume und zu Nutzungsänderungen geben. Dabei spielen die Schutzgüter Biodiversität und Boden (mittelfristig), aber auch die Erholungseignung der Landschaft eine wichtige Rolle.

Der Beitrag gibt eine Übersicht über die zurzeit verfügbaren Indikatoren zu dieser Thematik und deren Auswertung. Im Ausblick wird auf weitere vorgesehene Indikatoren sowie die Bewertung der zeitlichen Entwicklung eingegangen.

2 Indikatoren und Kennzahlen im Überblick

Im IÖR-Monitor sind für die beiden o. g. Kategorien gegenwärtig folgende Indikatoren bzw. relative Kennzahlen auf Bundesland-, Kreis- sowie Gemeindeebene mit dem Zeitbezug 2006 und 2008 verfügbar und öffentlich zugänglich:

Freiraumstruktur:

- Anteil Freiraumfläche an Gebietsfläche
- Anteil Landwirtschaftsfläche an Gebietsfläche
- Anteil Ackerfläche an Gebietsfläche
- Anteil Grünlandfläche an Gebietsfläche
- Anteil Wald- und Forstfläche an Gebietsfläche
- Anteil Wasserfläche an Gebietsfläche

Landschafts- und Naturschutz:

- Anteil Schutzgebiete gesamt an Gebietsfläche
- Anteil Gebiete „Natur- und Artenschutz“ an Gebietsfläche
- Anteil Gebiete „Landschaftsschutz“ an Gebietsfläche

Diese basieren im Falle der Freiraumstruktur auf Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS), davon speziell des Basis-Landschaftsmodells, bezogen vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG). Die Schutzgebietsgrenzen der einzelnen Bundesländer stammen vom Bundesamt für Naturschutz (BfN), wo entsprechende Geofachdaten zentral gesammelt, homogenisiert und herausgegeben werden. Die GIS-gestützte Auswertung, Berechnung von Statistiken und kartographische Darstellung erfolgte am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) in Dresden.

3 Ergebnisse: Indikatoren zur Freiraumstruktur

Im Folgenden sollen einzelne Indikatoren aus der Kategorie Freiraumstruktur vorgestellt und deren räumliche Verteilungsmuster interpretiert werden. Dazu wurden naturnahe Flächennutzungen ausgewählt, die eine wesentliche Bedeutung für die Bewahrung der biologischen Vielfalt, aber auch für den Menschen (beispielsweise für die Erholungsvorsorge oder das Lokalklima) haben.

3.1 Wald

Wald- und Forstflächen besitzen eine erhebliche ökologische Bedeutung, wobei folgende Funktionen hervorzuheben sind:

- Lebensraum für Tiere und Pflanzen,
- Klimafunktionen (Lokalklima/Mikroklima; Kohlenstoffsenke),
- Schutzfunktionen (Boden- und Erosionsschutz; Immissionsschutz; Sicht- und Lärmschutz),
- Regelungsfunktionen (Wasserspeicher; Hochwasserrückhalt),
- Soziale Funktionen (Erholung; Tourismus) und
- Wirtschaftliche Nutzung.

Der Indikator beschreibt den Anteil der Wald- und Forstfläche an der Gebietsfläche, z. B. auf der Gemeindeebene (Abb. 1). Hohe Werte erreicht der Indikator aufgrund des Reliefs vor allem in Gebirgsregionen. Dazu zählen der Harz, der Thüringer Wald, das Erzgebirge, das Rheinische Schiefergebirge, der Pfälzerwald, der Odenwald, der Spessart, das Fichtelgebirge, die Fränkische Alb, der Schwarzwald, der Bayerische Wald sowie Teile des Alpenraumes. Außerdem tragen magere Standorte im Tiefland zu hohen Indikatorwerten bei, wie beispielsweise die brandenburgischen Kiefernwälder zeigen.

Besonders wenige Wald- und Forstflächen gibt es in Nordwestdeutschland, vor allem an der Nordseeküste und in ihrem Hinterland. An der Ostseeküste gibt es auch relativ wenig Wald, die Werte fallen hier aber moderater aus. Außerdem sind in agrarisch geprägten Regionen mit hoher Bodengüte, wie beispielsweise im mitteldeutschen Raum, weniger Wald- und Forstflächen zu finden. Agglomerationsräume wie das Rhein-Ruhr-, das Rhein-Main- oder das Rhein-Neckar-Gebiet zeigen geringe, aber durchaus differenzierte Waldanteile.

Auf der Kreisebene ist die Spannweite der relativen Indikatorwerte 2008 ebenfalls sehr groß; sie liegt zwischen 0,1 % (Emden in Niedersachsen) und 67,3 % (Suhl in Thüringen). Bezogen auf die Bundesländer besitzt Bremen den geringsten und Rheinland-Pfalz den größten Anteil Wald- und Forstfläche.

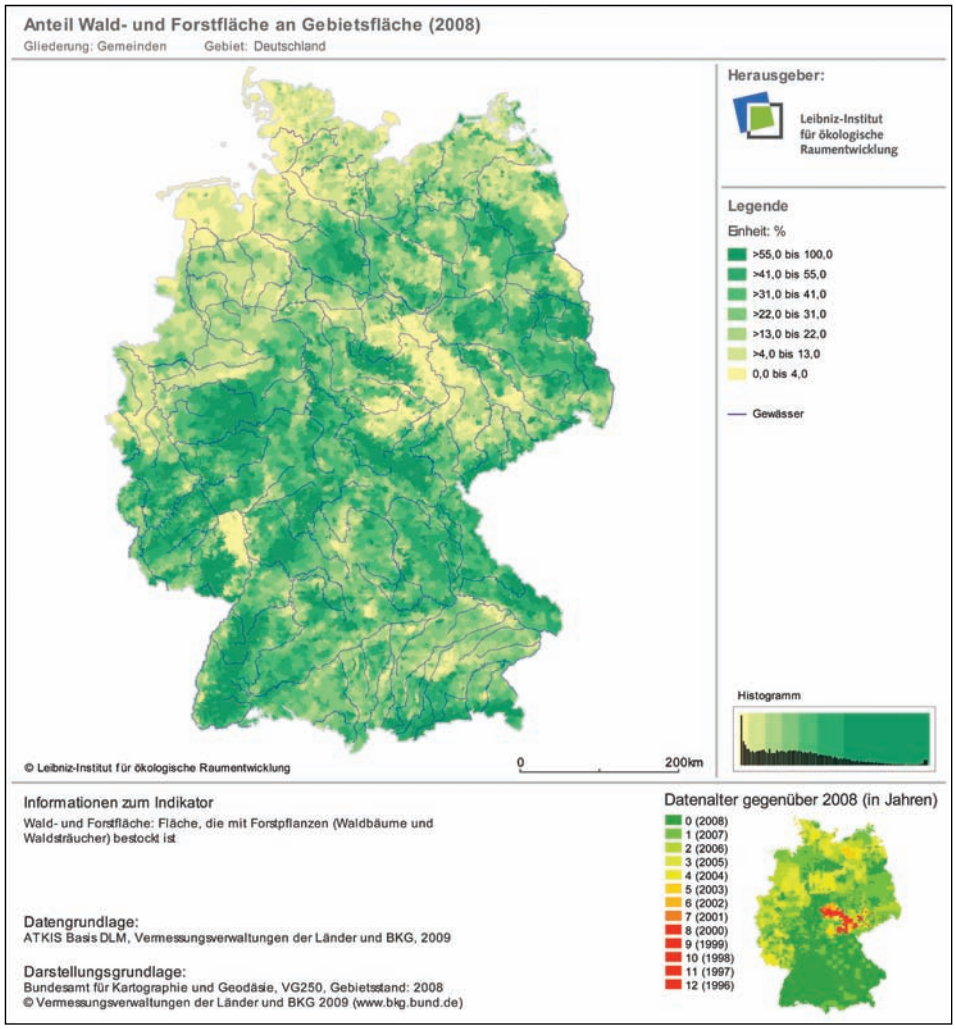


Abb. 1: Anteil Wald- und Forstfläche an Gebietsfläche auf Gemeindeebene in Deutschland 2008 (Quelle: www.ioer-monitor.de)

Weitere Auswertungen betreffen die Größe von zusammenhängenden, nicht durch Verkehrstrassen zerschnittenen Wäldern (Beispiel in Abb. 2). Zu dieser Thematik wurde eine Methodik entwickelt, deren Anwendung für das gesamte Bundesgebiet möglich und geplant ist. Dabei erfolgt die Einbeziehung aller Waldflächen, die nicht durch überregionale Verkehrstrassen (Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen, Eisenbahnstrecken und Kanäle) durchtrennt werden.

Zusätzlich wird die Durchlässigkeit des Verkehrsnetzes im Bereich der Waldflächen (ab einer Größe von 1 km²) betrachtet. Dabei gilt die Straßen- oder Schieneninfrastruktur als durchlässig, sofern ein Querungsbauwerk beide Gebiete miteinander verbindet. Ausge-

wählt werden nur Bauwerke, die aufgrund ihrer Größe als mögliche Querungsbauwerke für Wildtiere In Frage kommen. In Abhängigkeit von deren Breite, Art und des den Verkehrsweg kreuzenden Objektes werden diese von unterschiedlichen Wildtierarten genutzt. Die ATKIS-Daten lassen neben einer Unterscheidung der Art des Querungsbauwerkes auch die Bestimmung des über- oder unterführenden Elementes in Bezug auf das Bauwerk zu. Um die Nutzung durch Wildtiere abzusichern, wurde angenommen, dass der Waldbereich maximal 50 m vom Bauwerk entfernt sein darf (Härtelt 2009). Aufgrund der potenziellen Vernetzung durch Querungsbauwerke vergrößern sich für Wildtiere praktisch zusammenhängende Waldgebiete, weil die Über- und Unterführungen eine gefahrlose Überwindung der Verkehrsinfrastruktur ermöglichen.

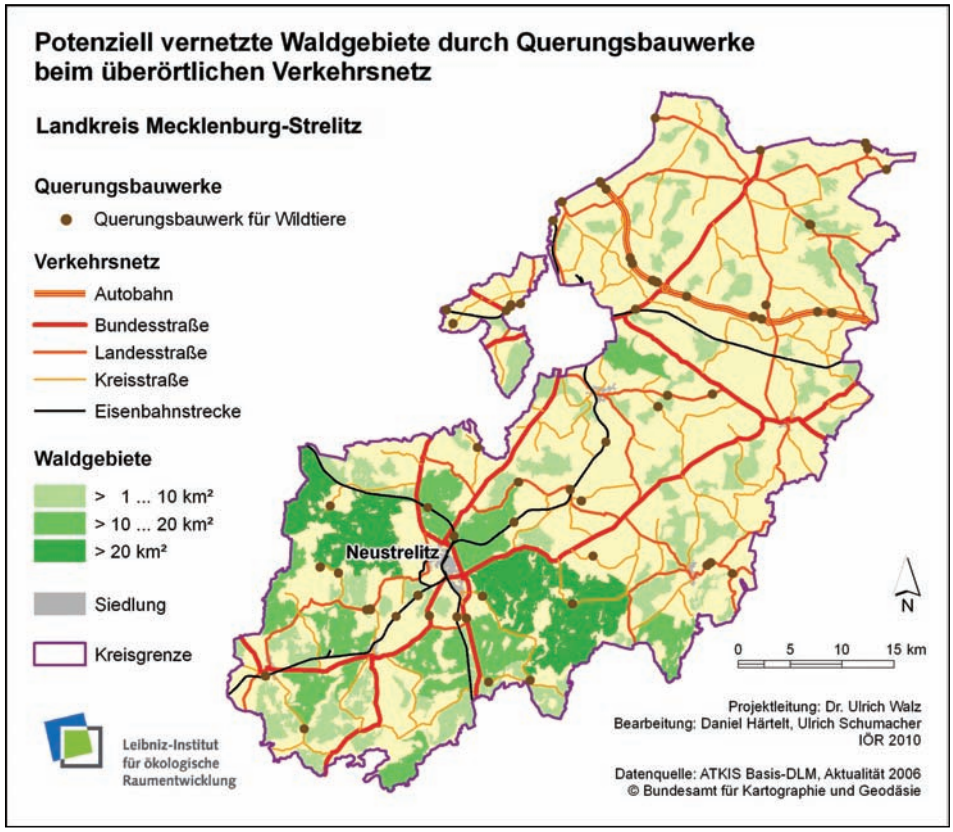


Abb. 2: Beispiel: Potenziell vernetzte Waldgebiete durch Querungsbauwerke beim überörtlichen Verkehrsnetz im Landkreis Mecklenburg-Strelitz 2006 (Quelle: Härtelt 2009, 70; eigene Bearbeitung)

3.2 Grünland

Grünland ist ein wichtiges Element der landwirtschaftlichen Flächennutzung, der Kulturlandschaft und ein bedeutender Lebensraum für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten.

Es dient Bodenschutz und -fruchtbarkeit, Trinkwasser- und Klimaschutz und hat eine Erholungsfunktion für die Bevölkerung (BFN – Bundesamt für Naturschutz 2008, 3). Grünland besitzt eine hohe Bedeutung für die Bewahrung der biologischen Vielfalt.

Das Grünland unterlag in den letzten Jahrzehnten starken strukturellen Veränderungen, insbesondere durch Flurbereinigung und Zusammenlegung kleinräumiger Flächen zu großen Einheiten sowie den Verlust vieler früherer Wiesenstandorte innerhalb der letzten 50 Jahre. Aktuelle Entwicklungen betreffen vor allem die erneut verstärkte Umwandlung in Ackerland (z. B. Maisanbau), die auch den Umbruch innerhalb ökologisch sensibler Kulissen, z. B. auf Moorböden, einschließt (siehe Beitrag Keil et al. in diesem Band).

Der Bedarf an flächendeckenden und möglichst aktuellen Daten zeigt eine Auswertung des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) durch das Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI). In einer Untersuchung am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz konnten Osterburg et al. (2009) für 2005 und 2007 zeigen, dass laut Cross-Compliance-Förderstatistik[1] die Grünlandflächen um 80 000 ha zurückgegangen sind, sich über die InVeKoS-Daten eine Umwandlung von Grünland in Ackerland jedoch nur für über 40 000 Hektar Fläche nachweisen lässt. Zu den übrigen Flächen geben die Daten keine Auskunft (Johann Heinrich von Thünen-Institut 2010).

Grundsätzlich kann dieser Datenbedarf auch mit ATKIS-Daten nicht hinreichend befriedigt werden, da sie die erforderliche Aktualität (noch?) nicht flächendeckend aufweisen. Gerade auch freiraumtypische Objektarten unterliegen nicht den Anforderungen einer Spitzenaktualität. Hier wären derzeit alternative Datenquellen sehr nützlich.

Der IÖR-Monitor zeigt die unregelmäßige Verteilung des Grünlandes über das Bundesgebiet als Übersichtskarte auf Gemeindeebene (Abb. 3). Hohe Werte erreicht der Indikator in solchen agrarisch geprägten Regionen, wo Grünland gegenüber Ackerbau aufgrund der standörtlichen Bedingungen dominiert. Dazu zählen Gebiete an der Nordseeküste einschließlich Hinterland ebenso wie die Eifel und der Alpenraum. Dabei fällt auf, dass Grünland als landwirtschaftliche Nutzungsform im Westen Deutschlands viel stärker verbreitet ist. So steht auf Kreisebene der erste ostdeutsche Kreis (Stadt Greifswald) erst auf Rang 46. Besonders niedrige Grünlandanteile treten in ausgewählten Agglomerationsräumen auf, wie der Hauptstadt Berlin, dem Rhein-Ruhr-, dem Rhein-Main- und dem Rhein-Neckar-Gebiet. Außerdem sind in agrarisch geprägten Regionen mit hoher Bodengüte (beispielsweise in der Magdeburger und Hildesheimer Börde oder auf der Mainfränkischen Platte) weniger Grünlandflächen zu finden.

[1] Die Vorschriften der **Cross Compliance** beinhalten die Verknüpfung von Förderzahlungen mit der Einhaltung von Umweltstandards.

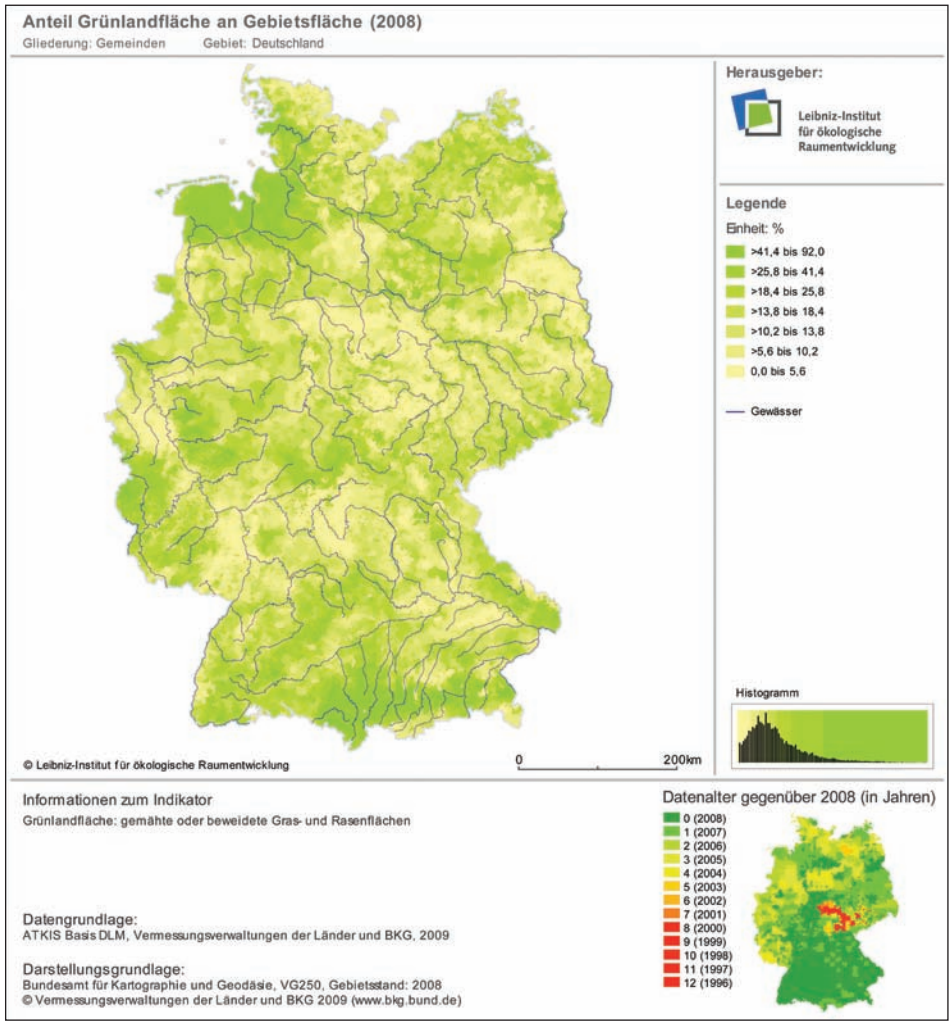


Abb. 3: Anteil Grünlandfläche an Gebietsfläche auf Gemeindeebene in Deutschland 2008 (Quelle: www.ioer-monitor.de)

Auf der Kreisebene ist die Spannweite der relativen Indikatorwerte 2008 sehr groß; sie liegt zwischen 2,1 % (Berlin) und 75,9 % (Landkreis Wesermarsch in Niedersachsen). Bezogen auf die Bundesländer besitzt Berlin den geringsten und Bremen den größten Anteil Grünlandfläche, von den Flächenländern liegt Niedersachsen an der Spitze. Eine statistische Auswertung und einen Ausschnitt der Tabellendarstellung für dieses Bundesland zeigt Abbildung 4.

IÖR-Monitor©Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

Anteil Grünlandfläche an Gebietsfläche (2008)

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung

Einheit:	%
Zeitschnitt:	2008
Einbezogenes Gebiet:	Niedersachsen
Raumgliederung:	Gemeinden
Anzahl der Gebietseinheiten:	1047
Minimum:	0,00 (Mehrere Minima)
Maximum:	82,45 (Jade)
Arithmetisches Mittel:	21,3
Bundesrepublik:	17,4
Indikator zum Vergleich:	Kein Vergleichsindikator

- [x] Übergeordnete Raumeinheiten
  - [x] Kreise
  - [ ] Bundesländer
  - [ ] Bundesrepublik
- [x] Mittlere Grundaktualität
- [ ] Zeitschnitt 2006 anfügen
- [x] mit gemeindefreien Gebieten

Sortierung über Klick in jeweiligen Spaltennamen möglich

	Gemeinde (2008)				Übergeordneter Kreis (2008)		
lfd. Nr.	AGS	Name	Gemeindewert	Mittlere Grund-aktualität	Differenz zum Kreis	Kreiswert (Name)	Mittlere Grundakt. Kreis
1	03461005	Jade	82,4	2007	6,5	75,9 (Wesermarsch)	2007
2	03457006	Detern	81,6	2007	17,9	63,7 (Leer)	2006
3	03457012	Jemgum	80,9	2006	17,2	63,7 (Leer)	2006
4	03461008	Ovelgönne	80,1	2007	4,2	75,9 (Wesermarsch)	2007
5	03461004	Elsfleth	79,2	2007	3,3	75,9 (Wesermarsch)	2007
6	03461009	Stadland	77,8	2007	1,9	75,9 (Wesermarsch)	2007
7	03352049	Sandstedt	76,8	2007	25,4	51,4 (Cuxhaven)	2007
8	03461003	Butjadingen	76,3	2007	0,4	75,9 (Wesermarsch)	2007
9	03359015	Engelschoff	75,8	2007	42,6	33,2 (Stade)	2007
10	03461001	Berne	75,4	2007	-0,5	75,9 (Wesermarsch)	2007

Abb. 4: Statistische Auswertung und Tabellendarstellung (Ausschnitt) des Anteils Grünlandfläche an Gebietsfläche auf Gemeindeebene im Vergleich zur Kreisebene in Niedersachsen 2008 (Quelle: www.ioer-monitor.de)

3.3 Streuobst

Unter Streuobstbau versteht man großwüchsige Bäume (Hochstamm) verschiedener Obstarten, Sorten und Altersstufen, die in ziemlich unregelmäßigen Abständen ‚gestreut' stehen (Lucke et al. 1992, 10). Streuobstwiesen besitzen eine sehr hohe ökologische Bedeutung, sie tragen zu einem vielfältigen und als schön empfundenen Landschaftsbild bei und dienen damit auch dem menschlichen Wohlbefinden. Im Einzelnen spielen folgende ökologischen und ästhetischen Aspekte bei Streuobstwiesen eine wichtige Rolle (Lucke et al. 1992, 43-62):

Ökologische Bedeutung:

- Klimaausgleich, Vorteile für das Kleinklima,
- Wind-, Boden- und Wasserschutz,
- Lebensraum für seltene Tiere und Pflanzen und
- Erosionsvermeidung.

Bereicherung der Orts- und Landschaftsbilder:

- Streuobstbestände als Gliederungsmittel in der Landschaftsgestaltung,

- Gestaltung von Siedlungsrändern,
- Bedeutung für Gebiete mit touristischer Nutzung und
- Schönheit des gesamten Erscheinungsbildes (Stamm, Laub etc.).

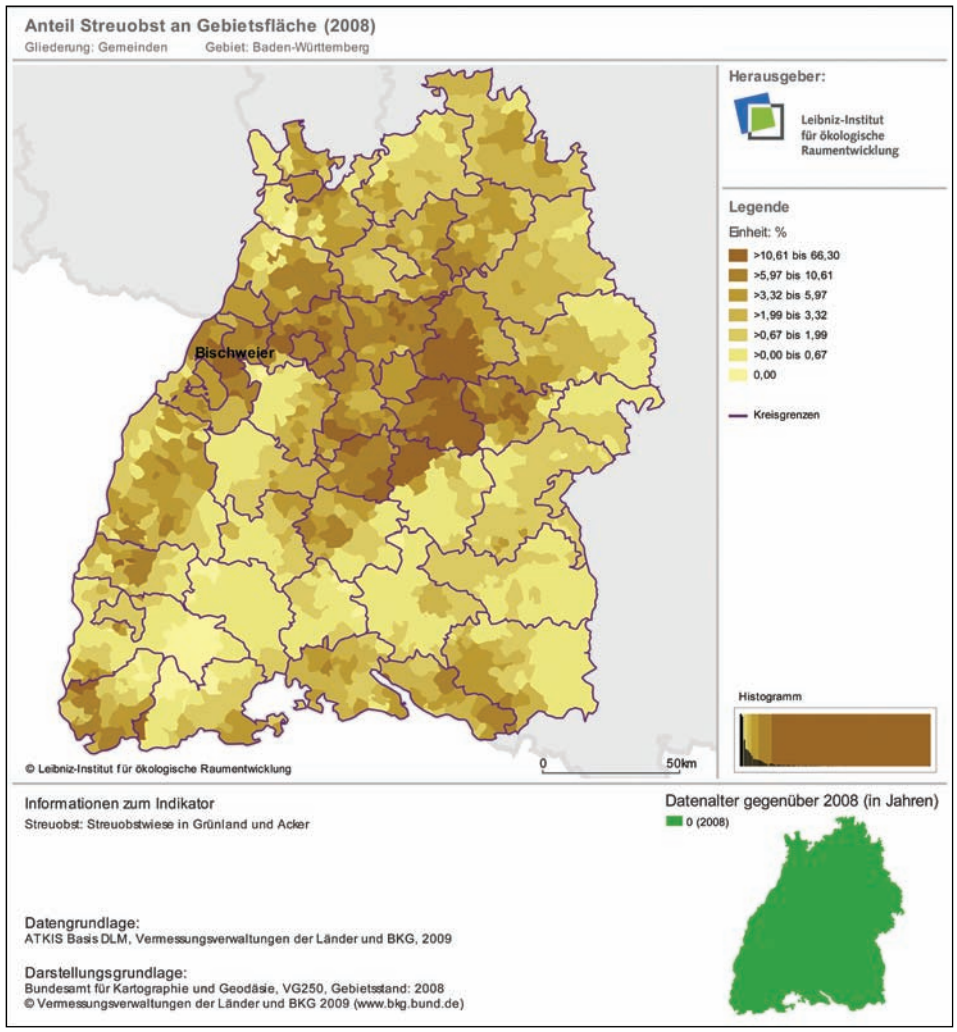


Abb. 5: Anteil Streuobst an Gebietsfläche auf Gemeindeebene in Baden-Württemberg 2008 (Maximum beschriftet) (Quelle: http://test.ioer-monitor.de)

Streuobstwiesen unterlagen und unterliegen einem stetigen Rückgang. Insbesondere in Süddeutschland, wo einer der Hauptverbreitungsgebiete des Streuobstanbaus liegt, fielen sie oft der Siedlungserweiterung zum Opfer (Weller 1994). Zum Aufzeigen von Entwicklungstendenzen der Flächeninanspruchnahme sowie als Beitrag zu einem Biodiversitätsmonitoring wäre es wichtig, diesen Biotoptyp genauer zu beobachten.

Abbildung 5 gibt einen Überblick über die räumliche Verteilung von Streuobst auf Gemeindeebene in Baden-Württemberg. Dabei treten deutlich die klimatisch begünstigten Lagen des Mittleren Neckars, des Rheintales sowie der Bodenseeregion hervor.

Allerdings ist die Datenlage noch unzureichend: Im ATKIS Basis-DLM (Stand 2008) werden Streuobstwiesen nur in vier Bundesländern (Baden-Württemberg, Hessen und Saarland; teilweise in Thüringen) erhoben. Darüber hinaus besitzt aber dieser Biotoptyp wesentliche Anteile beispielsweise auch in Rheinland-Pfalz oder Sachsen. Eine Erhebung der in ATKIS vorgesehen Objektart in allen Bundesländern wäre daher sehr wünschenswert.

Für Sachsen liegen Angaben zum Streuobst bereits aus der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK) vor. Diese Kartierung wird allerdings nicht kontinuierlich fortgeschrieben. Bis jetzt gibt es Auswertungen basierend auf Color-Infrarot-Luftaufnahmen von 1992 und 2005.

4 Ergebnisse: Indikatoren zum Landschafts- und Naturschutz

Auf Bundesebene gibt es derzeit mehrere Indikatorensysteme zur Flächenentwicklung und deren Umweltauswirkungen in Deutschland, die auch Indikatoren zu Schutzgebieten beinhalten.

Zwischen den einzelnen Kategorien der Schutzgebiete treten in hohem Maße räumliche Überlagerungen auf. Beispielsweise können Naturschutzgebiete gleichzeitig als Schutzgebiet nach der FFH-Richtlinie oder als Europäisches Vogelschutzgebiet (SPA) ausgewiesen sein. Für eine sinnvolle räumlich-statistische Analyse ist daher eine Verschneidung der einzelnen Schutzgebiete notwendig, um räumliche Überlagerungsflächen zu eliminieren.

Außerdem liefern die bestehenden Indikatorensysteme nur Informationen auf Bundes- bzw. Landesebene. Eine kleinräumigere Darstellung und Auswertung der räumlichen Verteilung von Schutzgebieten innerhalb der Bundesländer ist auf dieser Basis nicht möglich.

Bisher existiert ein Indikator zu streng geschützten Gebieten, der jedoch nur Naturschutzgebiete und Nationalparke umfasst[2]. Schließlich fehlt ein Indikator zum Thema Landschaftsschutz gänzlich. Gerade derartige Schutzkategorien beanspruchen aber große Flächenanteile der Bundesrepublik und bilden ein wesentliches Instrument des Landschaftsschutzes und der naturnahen Erholungsvorsorge.

Es wurden daher drei neue Indikatoren zum Themenbereich Landschafts- und Naturschutz gebildet (Walz, Schumacher 2010), nämlich zu den Schutzgebieten insgesamt,

[2] Indikator: Streng geschützte Gebiete (Nationalparke und Naturschutzgebiete). www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2862 [18.08.2010].

den Gebieten zum „Natur- und Artenschutz“ und den Gebieten zum „Landschaftsschutz“. Um diese Indikatoren als Flächenanteile an der jeweiligen administrativen Gebietsfläche berechnen und kartographisch darstellen zu können (Gemeinde als kleinste administrative Gebietseinheit in Deutschland), wurde insgesamt das terrestrische Staatsgebiet (ohne Meeresgewässer, aber mit Binnen- und Küstengewässern, sofern in der Gemeindefläche enthalten) betrachtet.

Ausgewählte Ergebnisse dieser Indikatoren aus dem IÖR-Monitor werden im Folgenden vorgestellt.

4.1 Schutzgebietsflächen für Natur- und Artenschutz

Der entsprechende Indikator beschreibt den Stand der Ausweisung von Schutzgebieten für den (strengen) Natur- und Artenschutz, bezogen auf die administrative Gebietsfläche. Er umfasst den Flächenanteil der Vereinigungsmenge folgender Schutzgebietskategorien an der Gebietsfläche (Walz, Schumacher 2010):

- Nationalparke (NLP),
- Naturschutzgebiete (NSG),
- Fauna-Flora-Habitat-Gebiete (FFH) und
- Vogelschutzgebiete (SPA).

Die Darstellung der Indikatorwerte zeigt, dass die Schutzgebiete des Natur- und Artenschutzes unregelmäßig in Deutschland verteilt sind. Die Spannweite ihrer Anteilswerte an der Gebietsfläche ist bereits auf Kreisebene sehr groß; sie liegt zwischen 0 % (kreisfreie Städte Hof und Kempten im Allgäu) und 54,1 % (Garmisch-Partenkirchen). Oft weisen die kreisfreien Städte einen erwartungsgemäß geringeren Anteil als die sie umgebenden Landkreise auf, aber es gibt auch Gegenbeispiele, wie die Städte Jena, Dessau oder Bonn zeigen. Bezogen auf die Bundesländer besitzt Mecklenburg-Vorpommern den größten und Berlin den geringsten Anteil Natur- und Artenschutzgebiete.

Allein Mecklenburg-Vorpommern verfügt mit insgesamt 31,6 % Flächenanteil von Gebieten des Natur- und Artenschutzes (Stand 2008) über doppelt so viele besonders wertvolle Gebiete im Vergleich zum Bundesdurchschnitt (Walz, Schumacher 2010, 209). Wie Abbildung 6 zeigt, bietet sich auf Gemeindeebene ein durchaus differenziertes Bild. Dabei fallen linienförmige Strukturen mit hohen Flächenanteilen entlang von Gewässerachsen auf, wo sich überregionale Biotopkorridore widerspiegeln. Dies gilt insbesondere für die Gemeinden an der Grenze zu Schleswig-Holstein, wo weitgehend naturbelassene Landschaften (im ehemaligen DDR-Sperrgebiet an der deutsch-deutschen Grenze bis 1989) noch erhalten sind. An der Grenze zu Niedersachsen spielen darüber hinaus die Elbauen als potenzielle Überschwemmungsgebiete eine Rolle. Außerdem verfügt das

nordöstlichste Bundesland über drei Nationalparke mit sehr wertvoller Biotopausstattung (Jasmund, Vorpommersche Boddenlandschaft und Müritz).

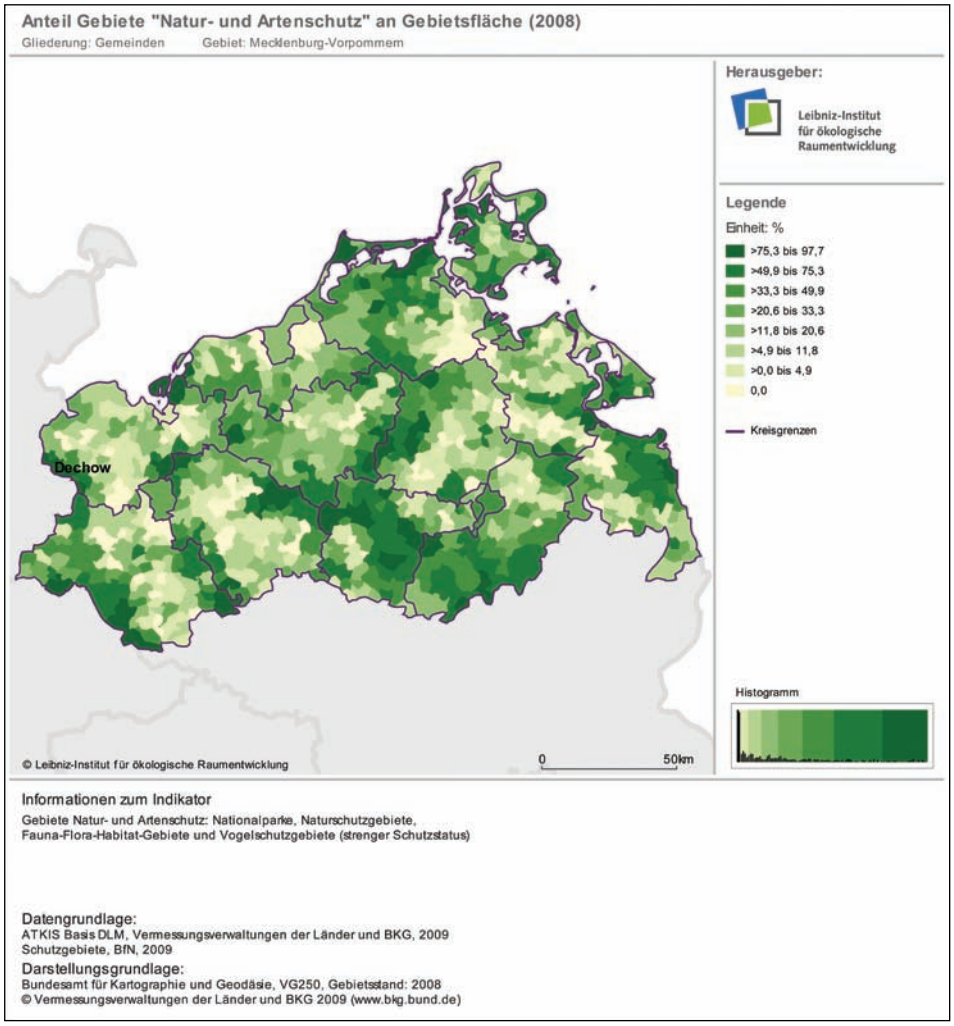


Abb. 6: Anteil Gebiete „Natur- und Artenschutz" an Gebietsfläche auf Gemeindeebene in Mecklenburg-Vorpommern 2008 (Maximum beschriftet) (Quelle: www.ioer-monitor.de)

4.2 Schutzgebietsflächen für Landschaftsschutz

Der Indikator beschreibt den Stand der Ausweisung von Schutzgebieten für den (allgemeinen) Landschaftsschutz, bezogen auf die administrative Gebietsfläche. Er umfasst den Flächenanteil an der Vereinigungsmenge der Schutzgebietskategorien Naturpark (NP), Landschaftsschutzgebiet (LSG) sowie Biosphärenreservat (BIO) außerhalb der

Kernzonen, d. h. abzüglich der streng geschützten Gebiete des Natur- und Artenschutzes, und der Gebietsfläche (Walz, Schumacher 2010).

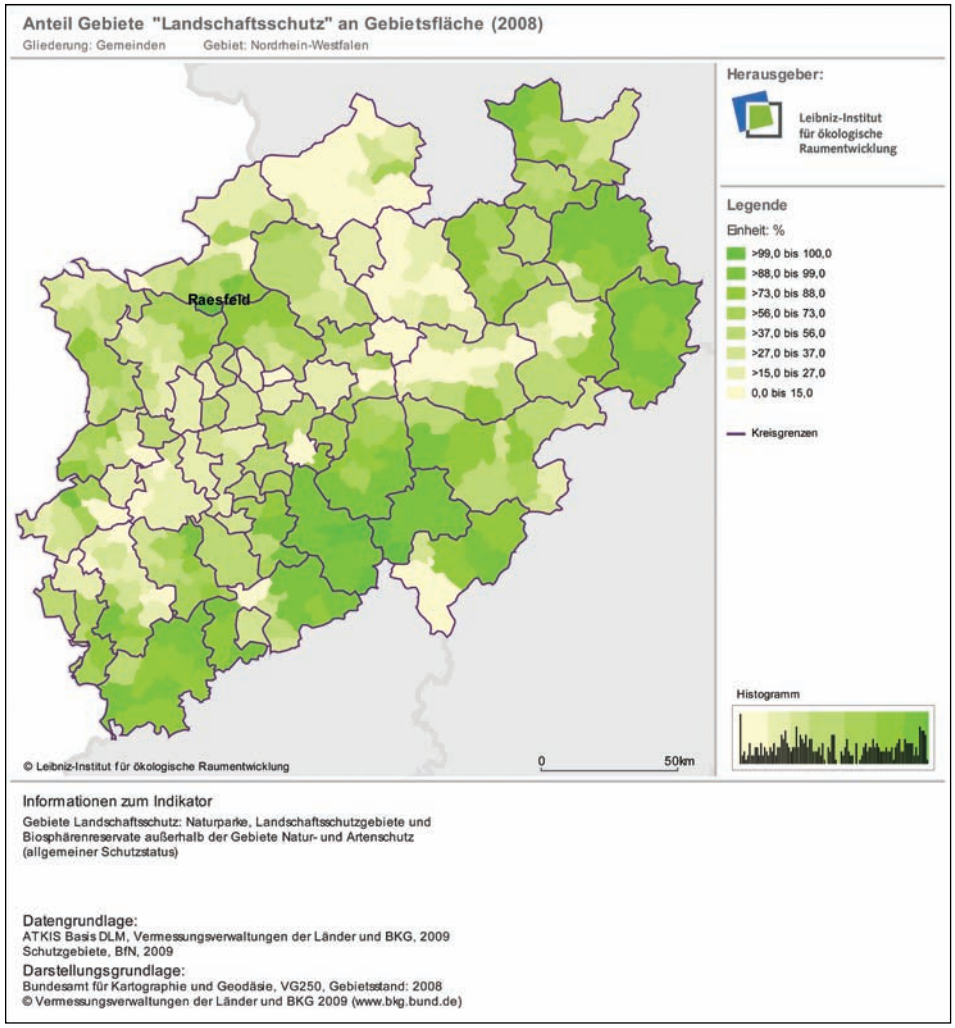


Abb. 7: Anteil Gebiete „Landschaftsschutz" an Gebietsfläche auf Gemeindeebene in Nordrhein-Westfalen 2008 (Maximum beschriftet) (Quelle: www.ioer-monitor.de)

Die Ergebnisse der räumlichen Analyse zeigen, dass die Gebiete des Landschaftsschutzes unregelmäßig in Deutschland verteilt sind. Auf Kreisebene ist die Spannweite ihrer Anteilswerte an der administrativen Gebietsfläche extrem groß; sie liegt zwischen 0 % (kreisfreie Städte Greifswald und Würzburg) und fast 100 % (Stadt Weiden in der Oberpfalz). Oft weisen die kreisfreien Städte einen erwartungsgemäß geringeren Anteil als die sie umgebenden Landkreise auf, aber es gibt auch Gegenbeispiele, wie die Städte Baden-Baden, Suhl, Amberg oder eben Weiden zeigen. Auf Bundeslandebene fällt auf,

dass das Saarland den größten und Bremen den geringsten Anteil Schutzgebiete besitzt. Ein dicht besiedeltes Bundesland wie Nordrhein-Westfalen weist erhebliche Bereiche mit einem hohen Anteil an Gebieten für den Landschaftsschutz aus (Abb. 7). Offensichtlich gibt es hier keine direkten Zusammenhänge mit der Siedlungs- bzw. Bevölkerungsdichte.

Überdurchschnittliche Anteilswerte weist der Indikator im Oldenburger Land, Wendland, Weserbergland, Sauerland, Taunus sowie im Saarland auf. Außerdem stehen im Odenwald, im nördlichen Schwarzwald sowie in den nördlichen und östlichen Teilen Bayerns (v. a. im Oberpfälzer und Bayerischen Wald) relativ viele Flächen unter allgemeinem Landschaftsschutz. Potenziell wertvolle Naturräume an der Nord- und Ostseeküste sowie in den Alpen zeigen dagegen nur geringe bis mäßige Werte dieses Indikators. Außerdem ist zu konstatieren, dass Gebiete des Landschaftsschutzes in Ostdeutschland insgesamt eher unterrepräsentiert sind, ganz im Gegensatz zum Natur- und Artenschutz.

Dieser Indikator sollte daher nur im Zusammenhang mit dem korrespondierenden Indikator „Anteil Gebiete ‚Natur- und Artenschutz' an Gebietsfläche" interpretiert werden. Wo beim Natur- und Artenschutz hohe Gebietsanteile auftreten, können sich für den Landschaftsschutz höchstens mittlere, meist aber nur geringere Gebietsanteile ergeben.

5 Fazit und Ausblick

Der gegenwärtige Stand des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung umfasst Analyseergebnisse von zwei Zeitschnitten, die sehr nahe beieinanderliegen (2006 und 2008). Für den Nutzer wird es zweifellos interessanter, wenn in Zukunft längere Zeitreihen vorliegen und daraus Trends ablesbar sein werden.

Es ist geplant, die Indikatorenzahl kontinuierlich zu erhöhen. Als Beiträge zu einem Biodiversitätsmonitoring sind Indikatoren zur Charakterisierung der Naturnähe der Flächennutzung (Hemerobie) und zur Landschaftsvielfalt in Vorbereitung. Dabei wird es vor allem um die Dichte von naturnahen Landschaftelementen im Offenland und die Nutzungsvielfalt an sich gehen. Zur Thematik Landschaftszerschneidung sind neue Indikatoren zu großflächig zusammenhängenden Waldflächen und zur Durchlässigkeit des Verkehrsnetzes geplant. Die vorgestellten Schutzgebietsindikatoren können weiter qualifiziert werden durch die Einbeziehung der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr in diesen Gebieten sowie eine Klassifizierung der Schutzgebiete nach vorherrschenden Nutzungsarten bzw. der Naturnähe.

Probleme bestehen allerdings in der Verfügbarkeit bundesweiter Geofachdaten im mittleren Maßstabsbereich. Teilweise sind diese nur für bestimmte Bundesländer oder Kartenblätter, nicht jedoch bundesweit verfügbar, wie z. B. beim Thema Boden. Geofachdaten, die auf Landesebene erfasst werden, weisen z. T. ein starke Heterogenität auf und

können daher nur mit erheblichem Aufwand für ein bundesweites Monitoring genutzt werden (z. B. Überschwemmungsgebiete). Hier sind durch die INSPIRE-Initiative Verbesserungen zu erwarten, da nach Annex III der INSPIRE-Richtlinie Gebiete mit naturbedingten Risiken zukünftig bereitzustellen sind. Außerdem sollte die ATKIS-Objektart „Streuobst" in allen Bundesländern zukünftig erhoben werden. Schließlich ist eine stärkere analytische Verknüpfung der Indikatoren des IÖR-Monitors geplant, beispielsweise durch die Verschneidung der Flächennutzungsinformationen mit anderen Geofachdaten (Boden, Flora, Fauna etc.) sowie ein engerer Bezug zum Ansatz der Ökosystemdienstleistungen.

6 Literatur

Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hrsg.) (2008): Where have all the flowers gone? Grünland im Umbruch: Hintergrundpapier und Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz. Onlinedokument: http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/landwirtschaft/Gruenlandpapier_BfN.pdf (Zugriff: 3.11.2008).

European Parliament & Council of Europen Union (2007): Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). Official Journal of the European Union: L 108/1. Onlinedokument: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:EN:PDF (Zugriff: 25.10.2010).

Härtelt, D. (2009): Entwicklung von GIS-Werkzeugen zur automatisierten Ableitung von Indikatoren zum Monitoring der Landschaftszerschneidung. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden. Dresden, 100 S.

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) (2010): Grünland ausreichend geschützt? Studie des von Thünen-Instituts liefert Einblicke. Pressemitteilung vom 25. Februar 2010.

Lucke, R.; Silbereisen, R.; Herzberger, E. (1992): Obstbäume in der Landschaft. Stuttgart: Ulmer, 300 S.

Osterburg, B.; Nitsch, H.; Laggner, B.; Roggendorf, W. (2009): Auswertung von Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems zur Abschätzung von Wirkungen der EU-Agrarreform auf Umwelt und Landschaft (Johann Heinrich von Thünen-Institut, Hrsg.). Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie Nr.07/2009. Braunschweig, 97 S.

Walz, U.; Schumacher, U. (2010): Bundesweiter Indikator zum Natur- und Artenschutz sowie zum Landschaftsschutz – Visualisierung und Statistik im Rahmen eines Monitoringsystems. Naturschutz und Landschaftsplanung, 42 (7), S. 205-211.

Weller, F. (1994): Obstwiesen – Herkunft, Bedeutung, Möglichkeiten der Erhaltung von Streuobstwiesen. Der Bürger im Staat, 44 (1), S. 43-49.

Analyse und Visualisierung der Siedlungsentwicklung mit SEMENTA®-CHANGE

Robert Hecht, Hendrik Herold, Gotthard Meinel

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden Methoden der gebäudebasierten Erfassung der Siedlungsstruktur, deren Veränderung und Visualisierung vorgestellt. Die Analyse der Siedlungsentwicklung mit SEMENTA®-CHANGE basiert auf der automatisierten Auswertung topographischer Kartenwerke verschiedenster Zeitstände im Maßstab 1:25 000. Der Verfahrensansatz leistet einen wichtigen Beitrag für die Planung, da er für große Flächen eine Verortung der Gebäude-, Siedlungsflächen- und Siedlungsstrukturentwicklung der vergangenen Jahrzehnte erlaubt und sich daraus auch wertvolle Aussagen über die Wirksamkeit von raumplanerischen Instrumenten (z. B. Verhältnis der Innen- zur Außenentwicklung) ableiten lassen. Beispielhaft werden an ausgewählten Projektergebnissen das Anwendungspotenzial sowie die Grenzen des Verfahrens diskutiert.

1 Einleitung

Der Gebäudebestand wird häufig als größter physischer, wirtschaftlicher und kultureller Bestandteil unserer Gesellschaft bezeichnet (Kohler, Bradley 2007). Er bestimmt die Siedlungsstruktur maßgeblich. Trotz der großen Bedeutung des Gebäudes stehen Planung, Politik und Wissenschaft in Deutschland nur wenig aktuelle bzw. nur stark aggregierte Statistikinformationen zum Gebäudebestand und dessen Entwicklung zur Verfügung. Hochauflösende Informationen zur Siedlungsstruktur, wie zum Baualter, der Gebäudestruktur, Wohnungs- und Stockwerkzahl oder Kenngrößen zum Maß der baulichen Nutzung (Geschossflächendichte und Grundflächendichte), stehen weder flächendeckend zur Verfügung noch sind sie ausreichend aufbereitet. Mithilfe solcher siedlungsstruktureller Kennzahlen lassen sich Planungsergebnisse optimieren und Anwendungen im Bereich der Telekommunikation, des Risikomanagements, der Schadens- oder der Stoffstrommodellierung unter anderem auch Infrastrukturplanungen und regionale Studien zur Abschätzung des Wärmebedarfs (Neidhart, Sester 2004) realisieren.

Im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Bearbeitung ökologischer Fragestellungen der Raumentwicklung auf regionaler, städtischer bzw. teilstädtischer Ebene wird häufig mit Repräsentanten und Aggregaten in Form von Strukturtypenansätzen gearbeitet (Blum, Gruhler 2010). Eine automatisierte objektive Erhebung der Siedlungsstruktur kann hier die derzeitige extrem zeit- und damit kostenaufwändige visuelle Interpretation und Kartierung unterstützen bzw. auch erübrigen.

Trotz hoher Nachfrage nach kleinräumigen Daten ist die kleinste Einheit der amtlichen Flächenstatistik in Deutschland derzeit die Gemeindeebene. Zunehmend werden deshalb private Geodatenanbieter aktiv und bieten selbstaufbereitete kleinräumige Geostatistiken an. Beispielhaft sei hier auf Produkte von infas geodaten eingegangen (www.infas-geodaten.de). Deren angebotene mikrogeographische Daten von Deutschland werden auf ca. 75 000 Wohnquartiere (ehemalige Stimmbezirke) mit einer annähernd vergleichbaren Größe von je 500 Haushalten modelliert. Die für die Aufbereitung verwendeten Daten sind dabei nicht amtlich und die angewandten Methoden intransparent. Mit dem Anwenderfokus Geomarketing sind die Datenpakete sehr teuer und letztlich für dünn besiedelte Gebiete immer noch zu grob auflösend.

Auch für ein flächennutzungsbezogenes Informationsmanagement fehlen planungsunterstützende Analyse- und Diagnosedaten, wie z. B. zur Identifizierung von baulichen Nutzungspotenzialen (Baulücken) im Siedlungsbestand (siehe Beitrag Siedentop in diesem Band) sowie zur räumlichen Verortung des Gebäudeneubaus und -abrisses in der Vergangenheit. Diese werden u. a. benötigt, um Aussagen zur Wirksamkeit raumplanerischer Instrumente zu treffen, Leitlinien nachhaltiger städtischer Entwicklung wie „Innenentwicklung vor der Außenentwicklung“ (Bundesregierung 2002) in ihrer Umsetzung zu prüfen und die Entwicklung neuer Planungsinstrumente zu unterstützen (Henger, Schröter-Schlaack 2008).

Mit dem SettlementAnalyzer (SEMENTA®) und dem darauf aufbauendem SEMENTA®-CHANGE können solche gebäudebasierten Informationen zur Siedlungsstruktur und -entwicklung abgeleitet werden.

2 Datengrundlagen für Gebäudeerhebungen

Die wichtigste Informationsquelle des Gebäudebestandes ist das Liegenschaftskataster mit dem Liegenschaftsbuch (beschreibender Teil) und der Liegenschaftskarte, in dem neben den Flurstückgrenzen auch der geometrische Gebäudegrundriss enthalten ist. In den letzten Jahren wurden die analogen Liegenschaftskarten von den Vermessungsverwaltungen aufbereitet und stehen in Deutschland inzwischen flächendeckend digital zur Verfügung. Diese Daten können in Zukunft auch multitemporal ausgewertet werden, da sie mit der beginnenden Einführung des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) als neues einheitliches Datenmodell in Deutschland ab diesem Zeitpunkt mit Historisierung zur Verfügung gestellt werden. Bei Gebühren von 1,80 € pro Gebäude (AdV 2009) wird deutlich, dass für großflächige Analysen enorme Beschaffungskosten eingeplant werden müssen.

Für eine effiziente Ableitung von 3D-Stadtmodellen werden zunehmend Laserscannerdaten eingesetzt. Mit den automatischen Methoden der Gebäudedetektion werden

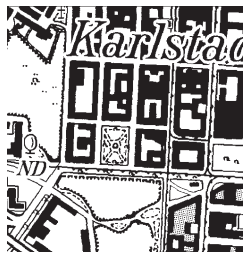
Erkennungsraten von bis zu 95 % erreicht (Vosselman, Maas 2010). Derartige Daten liefern zwar eine sehr gute Grundlage für siedlungsstrukturelle Analysen, sind aber mit hohen Erfassungskosten verbunden und werden deshalb häufig nur für größere Städte oder potenzielle Überschwemmungsgebiete erhoben. Die Verfügbarkeit solcher Daten für frühere Zeitstände ist nicht gegeben, da das Laserscanning eine vergleichsweise junge Fernerkundungsmethode ist. In Zukunft werden aber multitemporale Auswertungen von Laserscannerdaten an Bedeutung gewinnen (u. a. Rutzinger et al. 2010).

Eine weitere Datenquelle sind Fernerkundungsdaten wie hochauflösende Satellitendaten und Ortholuftbilder. In der Beschaffung sind die Daten mit moderaten Kosten verbunden. Erkennungsraten von 64 % bis 81 % (z. B. Lee et al. 2003; Shan, Lee 2005; Lari, Ebadi 2007; Koç San, Turker 2007; Lefèvre, Sheeren 2007) erfordern jedoch zusätzliche kostenintensive Nachdigitalisierungen und Korrekturen. Trotz zunehmender Erfolge bleibt die vollautomatisierte Gebäudeextraktion aus Luftbildern immer noch ein Forschungsschwerpunkt in der Fernerkundung und Photogrammmetrie (Grün 2008).

Als alternative Quelle für großflächige Analysen des Gebäudebestandes eigenen sich amtliche topographische Kartenwerke, da sich die Gebäude mithilfe der digitalen Bildverarbeitung ausreichend genau aus dem Binärbild extrahieren lassen. Studien (Meinel et al. 2008a und Meinel et al. 2008b) haben gezeigt, dass topographische Karten der Maßstabsebene 1:25 000 einen optimalen Kompromiss zwischen Datenmenge und -kosten sowie hinreichender Genauigkeit darstellen, da sie den Gebäudebestand fast vollständig und mit nur geringen, für Bestandsbilanzen akzeptablen Generalisierungseffekten abbilden. Für die Verwendung topographischer Karten sprechen die landesweite Verfügbarkeit von älteren Zeitständen, eine gesicherte Datenfortführung sowie eine ausreichende Datenhomogenität, die für den Aufbau konsistenter Zeitreihen Voraussetzung sind. In der Regel wurden die Karten bisher aller fünf Jahre aktualisiert, in Zukunft soll dieses aller drei Jahre erfolgen.

Gescannte topographische Karten stellen aus Sicht der Datenmodellierung zunächst unstrukturierte Rasterdaten dar. Im Gegensatz zu Katasterdaten, die im Vektordatenmodell vorliegen, müssen die entsprechenden Gebäudeobjekte mit Bildverarbeitungsmethoden extrahiert werden, da in der vorläufigen Version der Digitalen Topographischen Karte (DTK25-V) die Gebäude in der Ebene „Grundriss“ mit allen anderen schwarz dargestellten Hauptinhaltselementen (Verkehr, Vegetationssignaturen, Schriftelemente) vereint sind. Methodische Details zur Gebäudeextraktion sind in Herold et al. (2010a) beschrieben. Mit der Digitalen Topographischen Karte 1:25 000 (DTK25) ist eine Gebäudeextraktion nicht mehr notwendig, da diese hier in einer separaten Ebene abgespeichert sind.

Tab. 1: Gebäudeinformationen aus verschiedenen Geobasisdaten

	Grundrisslayer (DTK25-V)	Gebäudelayer (DTK25)	Gebäudegrundrisse (ALK)
			
Datenstruktur	Raster (Bildauflösung: 508dpi bzw. 200 Linien/cm entspricht 1,25 m x 1,25 m in Natur)		Vektor
Produktbezeichnung	Grundrisslayer der Digitalen Topographischen Karte 1:25 000 in der vorläufigen Version (DTK25-V), gescannte Topographische Karten TK25 oder TK25 (AS) (Staatliches Kartenwerk der DDR)	Gebäude (Ebene "Haus") der Digitalen Topographischen Karte 1:25 000 (DTK25)	ALK (Gebäude), ALKIS (AX_ Gebaeude), Hausumringe des deutschen Liegenschaftskatasters, 3D-Gebäudestrukturen (3D-GS)
Maßstab	1:25 000	1:5 000 bis 1:25 000	1:500 bis 1:5 000
Gebäuderepräsentation	Generalisierte grundrissähnliche Darstellung der zusammenhängenden Baukörper mit allen schwarz dargestellten Elementen der TK25 vereint (Verkehr, Vegetation, Schrift) mit Freistellung durch Schrift und punktförmigen Signaturen	Generalisierte grundrissähnliche Darstellung der zusammenhängenden Baukörper, teilweise mit Freistellung durch Schrift und punktförmigen Signaturen	Grundrisstreue Einzelgebäudedarstellung
Multitemporal verfügbar	Ja	Nein, derzeit noch nicht	Nein, derzeit noch nicht
Gebäudenutzungsinformation	Nein	Nein	Ja (nicht Hausumringe)

Die für eine gebäudebasierte siedlungsstrukturelle Analyse besonders geeigneten Karten stehen in Deutschland seitens der Landesvermessungsämter als Digitale Topographische Rasterkarte DTK25(-V), in Österreich seitens des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen als Österreichische Karte (ÖK25 abgeleitet aus der ÖK50) und in der Schweiz seitens des Bundesamtes für Landestopografie als Landeskarte der Schweiz (LK25 bzw. Swiss Map 25) zur Verfügung. Tabelle 1 fasst die verschiedenen Geobasisdaten für Gebäude in Deutschland zusammen, die für großflächige siedlungsstrukturelle Analysen geeignet sind.

Die Gebäude werden in den Daten unterschiedlich repräsentiert. Gebäudegrundrisse aus der Liegenschaftskarte bilden Einzelgebäude in einem größeren Maßstab ab. Dementsprechend können auch sehr kleine Gebäude der Nichtwohnnutzung in der siedlungsstrukturellen Analyse berücksichtigt werden. Obwohl Gebäudegrundrisse der ALK sogar mit Nutzungsinformationen hinterlegt sind, reichen diese nicht aus, um Aussagen zum Baualter und Gebäudetyp abzuleiten. Zudem kann die Nutzungsklassifizierung in der Tiefe von Kommune zu Kommune stark variieren. Somit müssen die Gebäudegrundrisse mit semantischen Informationen (z. B. Gebäudetyp) angereichert werden. Stehen keine dieser Gebäudegrundrissdaten zur Verfügung, so muss auf die DTK25-(V) zurückgegriffen werden.

Im Folgenden werden die Softwareprogramme SEMENTA® und die Erweiterung SEMENTA®-CHANGE vorgestellt, welche siedlungsstrukturelle Kennzahlen und ihre Veränderung vorerst auf Basis topographischer Karten automatisiert berechnen.

3 Analyse der Siedlungsentwicklung

3.1 Siedlungsstrukturelle Analyse mit SEMENTA®

Die automatisierte Kartenauswertung zur Erfassung des Gebäudebestandes ist seit vielen Jahren ein aktives Forschungsfeld (z. B. Maderlechner, Mayer 1994, Frischknecht, Kanani 1998). Vor diesem Hintergrund wurde am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung das inzwischen patentierte Verfahren SEMENTA® entwickelt, welches die automatische Ableitung siedlungsstruktureller Kennzahlen auf Grundlage topographischer Karten erlaubt. Der Prozessablauf (Abb. 1) wurde in Form eines Softwareprogramms SEMENTA® (SettlementAnalyzer) für ArcGIS implementiert und bereits in einer Vielzahl von Projekten operationell eingesetzt. Das Verfahren beruht auf der objektorientierten Extraktion aller Gebäude aus der Topographischen Karte, der Klassifikation der Gebäude in sieben Wohnnutzungs- und zwei Nichtwohnnutzungsklassen, der Verknüpfung der Gebäude mit gebäudetypischen Dichtereferenzwerten und der anschließenden Berechnung verschiedenster siedlungsstruktureller Kennzahlen auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens ist in Meinel et al. (2008) zu finden. Das im nächsten Abschnitt vorgestellte SEMENTA®-CHANGE ist eine Erweiterung von SEMENTA®, mit der eine multitemporale Analyse möglich wird.

Abb. 1: Workflow von SEMENTA® (Programmbeschreibung 2008, IÖR)

3.2 Veränderungsanalyse mit SEMENTA®-CHANGE

Die klassische GIS-gestützte Erhebung der Flächennutzungsentwicklung erfolgt gewöhnlich durch rückwärtiges Editieren mittels visueller Interpretation auf der Grundlage georeferenzierter historischer Karten oder Luftbilder (z. B. Meinel, Neumann 2003). Eine solche Erfassung auf Gebäudeebene und für große Flächen bedeutet einen enormen Editieraufwand. Zur automatisierten multitemporalen Analyse topographischer Karten gibt es nur wenig Literatur. Dodt, Lechtenbörger (2004) stellen gescannte topographische Karten verschiedener Zeitstände in einem RGB-Farbkomposit zusammen, um Landschaftsänderungen nachzuweisen. Eine gebäudebasierte Bilanzierung ist mit dieser Methodik nicht möglich, da die Objekte lediglich über deren Grauwert definiert sind und damit keine Trennung von Gebäuden und anderen Signaturen (z. B. Verkehrstrassen) möglich ist. Hochauflösende Veränderungsanalysen im Siedlungsraum erfordern jedoch bilanzierbare quantitative Daten mit hoher räumlicher Auflösung auf Gebäudeebene.

Das im Rahmen des Verbundprojektes REFINA-DoRiF[1] entwickelte GIS-basierte Werkzeug SEMENTA®-CHANGE ermöglicht es, solche gebäudebasierten Veränderungen der Siedlungsstruktur und Flächennutzung für große Gebiete zu ermitteln und auf definierten räumlichen Ebenen zu analysieren. Als Datengrundlage dienen georeferenzierte amtliche Topographische Karten unterschiedlicher Zeitstände. Die Methodik und deren

[1] „Designoptionen und Implementation von Raumordnungsinstrumenten zur Flächenverbrauchsreduktion“ (DoRiF) ist ein Verbundprojekt des Förderschwerpunktes „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement“ (REFINA). www.refina-dorif.de

technische Implementierung sind in Hecht et al. (2008) und Meinel et al. (2009) ausführlich beschrieben.

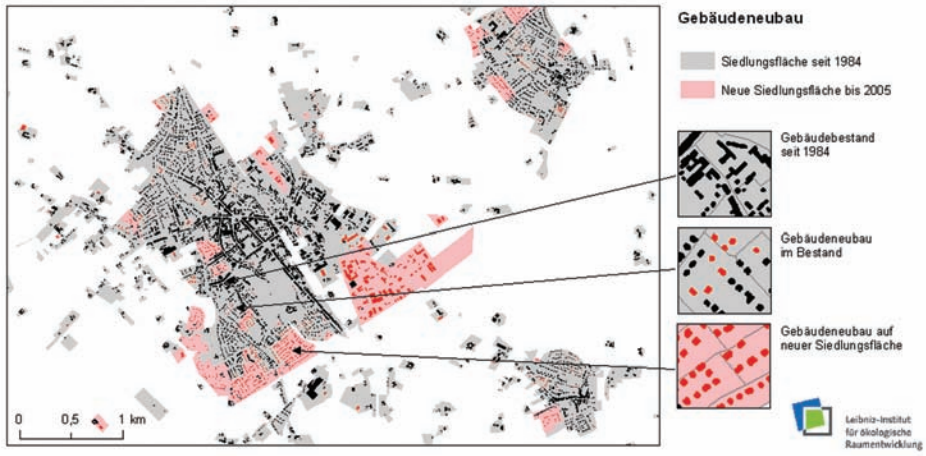


Abb. 2: Bauliche Entwicklung der Gemeinde Kevelaer: Gebäudebestand (schwarze Gebäude auf grauen Blöcken), Neubau im Bestand (rote Gebäude auf grauen Blöcken) und Neubau auf neuer Siedlungsfläche (rote Gebäude auf roten Blöcken) (Quelle: Eigene Berechnungen, 2009)

Das Verfahren besteht aus den Teilen Datenvorverarbeitung, Gebäudeextraktion, Gebäudeklassifikation, Gebäudematching, Veränderungsdetektion und Bilanzierung. In der Datenvorverarbeitung sind alle Prozesse vereint, die der Datenhomogenisierung dienen, wie die Harmonisierung der Datenstruktur und der Geometrie. Die Gebäudeextraktion und Gebäudeklassifikation sind in SEMENTA® implementiert. Diese Prozesse liefern für jeden Zeitschnitt klassifizierte Gebäudegrundrisse. Ein wichtiger Schritt ist die anschließende Zuordnung homologer Gebäude unterschiedlicher Zeitstände (Gebäudematching), um neue oder abgerissene Gebäude zu detektieren und anschließend die Siedlungsflächenentwicklung zu bilanzieren.

Für die Siedlungsflächenbilanzierung wird die Objektgruppe „Baulich geprägte Fläche" aus dem aktuellen ATKIS Basis-DLM verwendet. Da es diese Daten erst seit etwa 2000 flächendeckend gibt, muss für die Kennzeichnung neuer Baublöcke gegenüber früheren Zeitständen mit einer Rückprojektion der aktuellen Baublockgrenzen[2] in die Vergangenheit gearbeitet werden (virtuelle Baublockgrenzen). Ergibt die Analyse des Gebäudebestandes, dass innerhalb eines rückprojizierten Baublocks kein Gebäude oder nur sehr wenige standen, so wird dieser Block als „Neue Siedlungsfläche" gekennzeichnet (Abb. 2). Alle darauf stattfindenden Neubebauungen werden als neue Gebäude auf neuer Siedlungsfläche (Erstbebauung) bezeichnet; die restlichen als neue Gebäude im Bestand (Bestandsauffüllung).

[2] ATKIS modelliert Baublöcke als Polygone zwischen linienhaft modellierten Straßenachsen (Bruttoblöcke).

3.3 Ergebniskennzahlen

Kernergebnis von SEMENTA-CHANGE ist ein multitemporaler Gebäudelayer, welcher alle im Untersuchungszeitraum jemals existierenden Gebäude enthält und diese mit den entsprechenden Kennwerten beschreibt. Weiteres Ergebnis ist ein Siedlungslayer mit allen Baublöcken, wobei zwischen bereits bebauten Siedlungsblöcken (Bestand) und neuen Siedlungsblöcken (Neubauflächen) (s. Abb. 2) unterschieden wird. Diese Layer bilden die Grundlage für die Veränderungsanalyse, welche auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen erfolgen kann: auf Gebäude-, Baublock- (Quartier-), Gemeinde-, auf Rasterebene oder einer anderen sinnvollen Bezugsgeometrie.

Das Gebäude ist die kleinste Bezugseinheit, an denen die originären Kennzahlen für die Aggregation in einer Datenbank gespeichert sind. Je nach Eingangsdaten (siehe Tab. 1) sind das zusammenhängende Baukörper (Gebäude aus DTK25-V) oder Einzelgebäudegrundrisse (z. B. Gebäude aus ALK). Um die Gebäudeanzahl im Sinne der Statistik von zusammenhängenden Baukörpern zu bestimmen, wird mit gebäudetypischen Hauseingangsabständen für Reihenhäuser, Zeilenbebauungen und Gebäuden in geschlossener Bauweise gearbeitet. Somit kann die Gebäudeanzahl (entspricht der Hauseingangszahl) aus den aus der DTK25(-V) extrahierten Gebäuden über die Gesamtgebäudelänge geschätzt werden. Die Geschossanzahl und Geschosshöhe wurde vorab über regional- und gebäudetypische Erhebungen bestimmt.

Baublöcke (Quartiere) werden durch ein Straßengeviert oder die Grundstücksgrenze im Übergang zum Freiraum abgegrenzt. Der Baublock dient als Bezugsfläche zur Berechnung und ist somit die kleinste Raumeinheit zur Visualisierung von Dichten. Dessen Geometrie wurde aus der Objektgruppe „baulich geprägter Flächen“ des ATKIS-Basis DLM entnommen.

Eine dritte Bezugsebene sind alle aggregierten räumlichen Ebenen (wie z. B. Gemeinden, Kreise, Regionen) oder quadratische Rasterzellen. Auf dieser Grundlage können neben Gebäudeänderungen auch Bilanzen zur Siedlungsflächenentwicklung gezogen werden, in dem die „neuen Siedlungsflächen“, die durch eine erstmalige Bebauung des rückprojizierten Baublocks detektiert wurden, flächenhaft aufsummiert werden. Die Differenzierung zwischen neuer Siedlungsfläche und bereits bebauter Siedlungsfläche bietet die Grundlage zur Bestimmung der Relation der Innen- zu Außenentwicklung. Die Tabelle 2 fasst die siedlungsstrukturellen Kennwerte der räumlichen Ebenen zusammen.

Tab. 2: Übersicht der berechneten siedlungsstrukturellen Kennwerte mit SEMENTA® und SEMENTA®-CHANGE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Indikator	Einheit	SEMENTA® Strukturkennzahlen			SEMENTA®-CHANGE Veränderung der Strukturkennzahlen		
			Gebäude	Baublock	Gemeinde o. a. Bezug	Gebäude	Baublock	Gemeinde o. a. Bezug
Kategorie	Gebäudetyp (7 Wohnnutzungstypen + 2 Nichtwohnnutzungstypen)		●	●				
	Status (Neubau, Abriss, Keine Änderung)					●		
	Siedlungsflächentyp (Neue Siedlungsfläche/Bestand)						●	
Absolute Kennzahlen	Gebäudeanzahl		●	●	●	●	●	●
	Grundfläche	m²	●	●	●	●	●	●
	Geschosszahl	.	●	●	●	●	●	●
	Geschosshöhe	m	●	●	●	●	●	●
	Geschossfläche	m²	●	●	●	●	●	●
	Gebäudevolumen	m³	●	●	●	●	●	●
	Wohnungen		●	●	●	●	●	●
	Einwohner		●	●	●	●	●	●
	Siedlungsfläche	ha		●	●		●	●
	Neue Siedlungsfläche	ha					●	●
	Neubau im Bestand					●	●	●
	Neubau auf grüner Wiese					●	●	●
	Abriss im Bestand					●	●	●
Relative Dichten mit Bezug zur Siedlungsfläche	Gebäudedichte	1/ha		●	●		●	●
	Grundflächendichte			●	●		●	●
	Geschossflächendichte			●	●		●	●
	Gebäudevolumendichte	m³/m²		●	●		●	●
	Wohnungsdichte	1/ha		●	●		●	●
	Einwohnerdichte	1/ha		●	●		●	●
	Neue Siedlungsfläche an Gesamtsiedlungsfläche	%						●
Anteile mit unterschiedlichem Bezug	Verhältnis von Bebauung im Bestand vs. „auf grüner Wiese“ (Innen- zu Außen)							●
	Anteil Neuer Siedlungsfläche an Gebietsfläche	%						●
	Gebäudetypanteile am Gesamtgebäudebestand	%			●			●

Die berechneten siedlungsstrukturellen Kennwerte können neben der zeitlich differenzierten Auswertung auch nach dem Gebäudetyp differenziert werden. Damit steht dem Nutzer eine Fülle statistischer Auswertungen und Visualisierungsoptionen zur Verfügung.

4 Visualisierung der Siedlungsentwicklung

Wie die Tabelle 2 zeigt, können die aufgelisteten Kennzahlen auf beliebigen räumlichen Ebenen, für jeden Zeitschnitt, differenziert nach dem Gebäudetyp oder differenziert nach Neubau/Abbiss bzw. „im Bestand"/„auf der grünen Wiese" dargestellt werden. Im Folgenden werden nur ausgewählte Ergebnisse an Hand von Beispielen vorgestellt, welche das Anwendungspotenzial des Verfahrens aus Sicht der Planung verdeutlichen.

4.1 Gebäudeentwicklung

Die Bautätigkeit über den betrachteten Zeitraum kann über den Gebäudelayer für einen beliebigen Untersuchungsraum ermittelt und visualisiert werden. In diesem Beispiel sind die Gebäude nach ihrem Zeitraum der Errichtung oder des Abrisses eingefärbt. Die zeitliche Auflösung von ca. 5 Jahren ergibt sich aus dem Aktualisierungszyklus des Kartenwerkes.

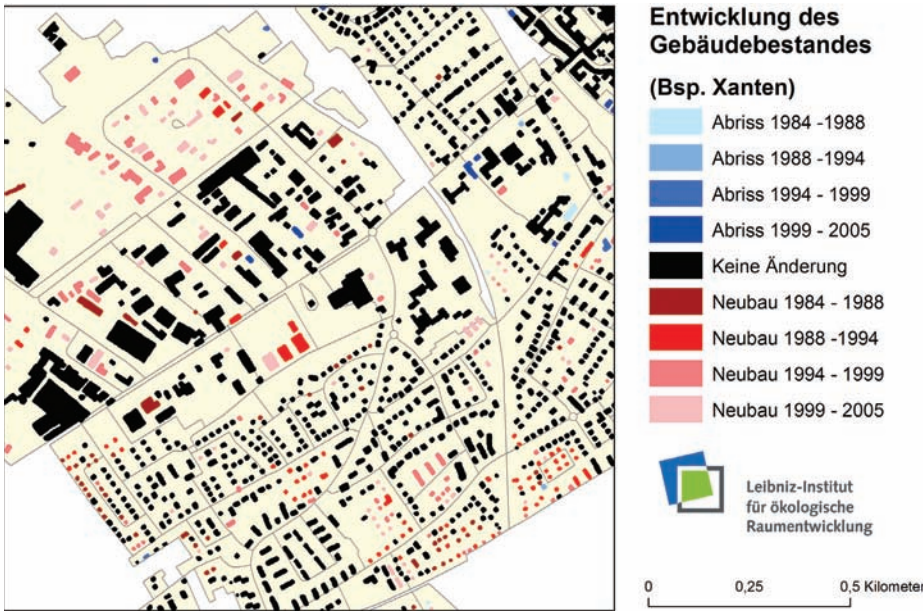


Abb. 3: Gebäudebestandsentwicklung in Xanten (Quelle: Eigene Berechnung, 2009)

4.2 Änderung der baulichen Dichten auf Baublockebene

Wichtiger Indikator einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung ist die Siedlungsdichte als ein Effizienzmaß der Siedlungsstruktur. Siedlungsstrukturelle Dichtekennzahlen, wie die Gebäudedichte, der Überbauungsgrad oder die Geschossflächendichte, wurden für jeden Baublock aggregiert und können nach der Berechnung für jeden Zeitstand visualisiert werden. Damit lassen sich räumliche Dichte- bzw. Kern-Rand-Gefälle veranschaulichen (Abb. 4). Mittels Differenzbildung für den gewünschten Zeitraum wird die Änderung der Dichte sichtbar und es kann geprüft werden, ob vorhandene Baulandreserven (geringe Dichten) im Innenbereich bei der Siedlungsentwicklung genutzt oder ob die neu bebauten Siedlungsflächen mit hohen Geschossflächendichten bebaut wurden, was den Grundsätzen einer flächensparenden Siedlungspolitik entspricht.

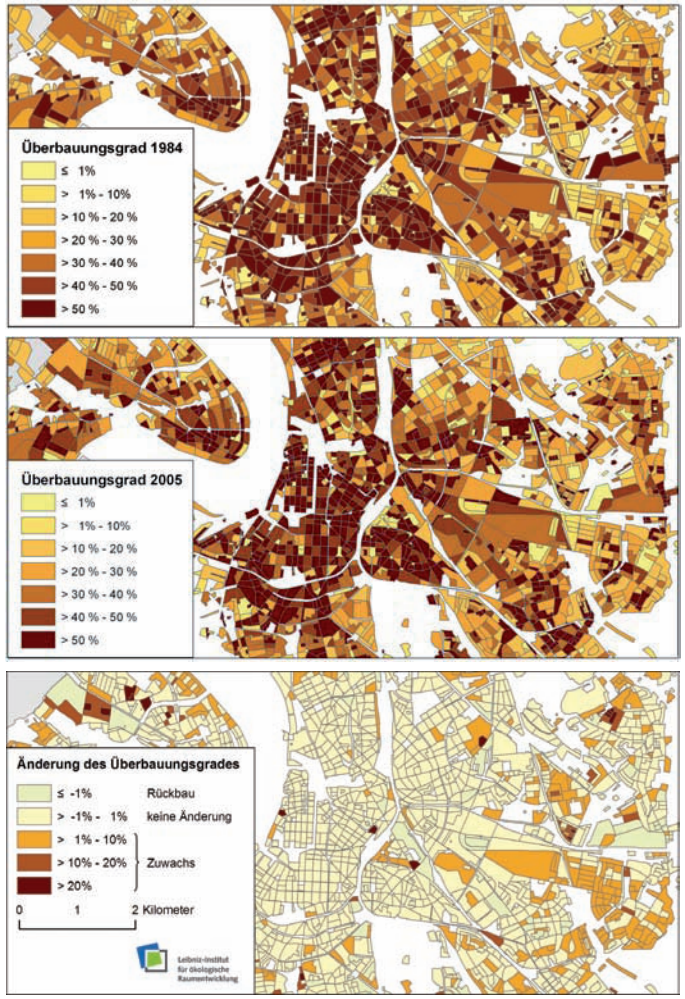


Abb. 4: Bauliche Dichte im Stadtgebiet von Düsseldorf 1984, 2005 und Veränderung (Quelle: Eigene Berechnung)

4.3 Siedlungsflächenzuwachs

Die Erkennung neuer Siedlungsflächen ist eines der wichtigsten Ergebnisse von SEMENTA-CHANGE. Die Abbildung 5 zeigt die detektierten Siedlungsflächenerweiterungen in Form einer Kartenserie. Die Ergebnisse zeigen die konkrete räumliche Verortung der Siedlungsflächenerweiterungen, welche über die amtliche Statistik nicht ermittelt werden kann. Mit GIS-Analysen kann geprüft werden, inwieweit sich die neue Siedlungsfläche in den bestehenden Siedlungsverbund integriert. Eine Methode zur Analyse der Integrität neuer Siedlungsflächen (über die angrenzende Randlänge) ist in Meinel und Winkler (2002) beschrieben.

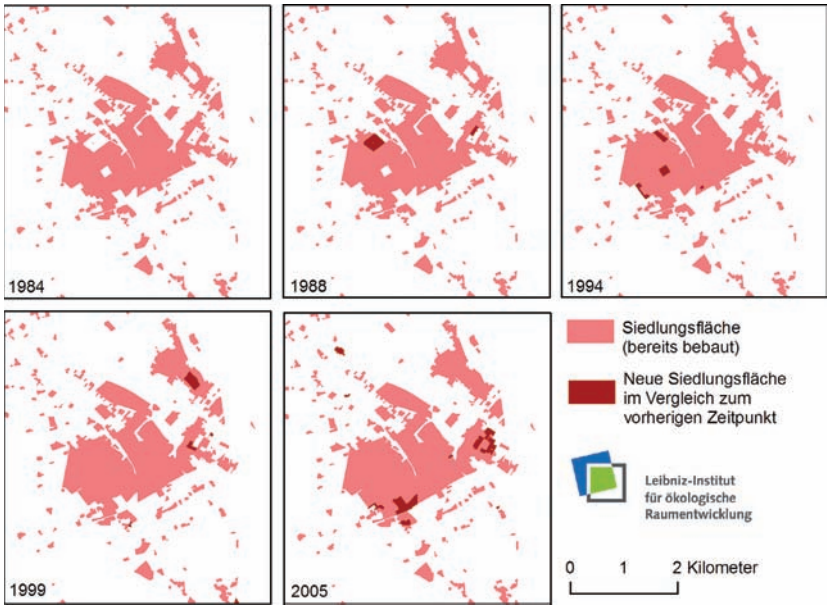


Abb. 5: Visualisierung des Siedlungsflächenzuwachses in Xanten (Quelle: Eigene Berechnung, 2009)

4.4 Bebauung im Bestand versus Bebauung auf „Grüner Wiese“

Für die Bewertung kommunaler Siedlungsentwicklung ist das Verhältnis der Neubautätigkeit im Innen- zu Außenbereich der Städte und Gemeinden wichtig. Mit dem Verfahren kann diese Relation erstmals abgeschätzt werden. Bei jeder Siedlungsflächenerweiterung wird zwischen einer „erstmaligen Bebauung“ und der „Auffüllung im Bestand“ unterschieden. Die verorteten, neu errichteten Gebäude können mithilfe dieser Abgrenzung oder einer zusätzlichen Geometrie zur Innenbereichsabgrenzung differenziert werden. Im Ergebnis erhält man das Verhältnis von Bebauung im Bestand vs. der auf „Grüner Wiese“. In Abbildung 6 (links) ist das Ergebnis für den Regierungsbezirk Düsseldorf für den Zeitraum 1984 bis 2005 dargestellt. Es wird deutlich, dass das Verhältnis (im Mittel

1:1,4) weit hinter dem in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie vorgesehenen Verhältnis der Innen- zur Außenentwicklung von 3:1 (Deutsche Bundesregierung 2002) liegt. Mithilfe einer solchen Darstellung können Entwicklungsmuster (z. B. Entwicklungspfade entlang der Autobahnen A1 und A3) sichtbar gemacht und die Anteile der neu errichteten Gebäude auf den neuen Siedlungsflächen nach dem Gebäudetyp differenziert werden (Abb. 6, rechts). Diese Karte eignet sich besonders gut, um die dominanten Gebäudetypen, in diesem Fall hauptsächlich die Ein- und Zweifamilienhausbebauung, der Siedlungsflächenerweiterung zu identifizieren.

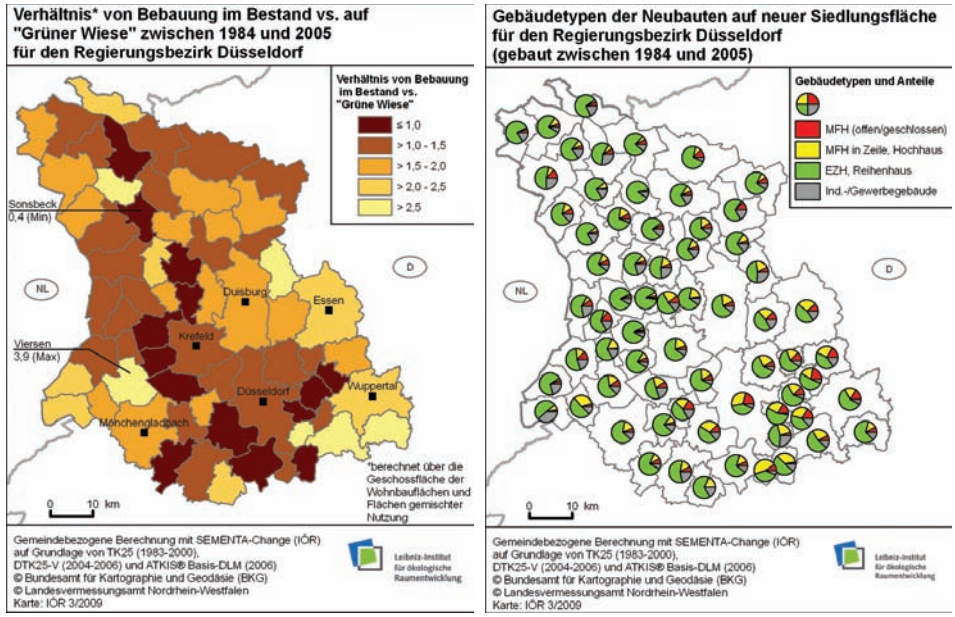


Abb. 6: Verhältnis von Bebauung im Bestand vs. auf „Grüner Wiese" (links) und Anteile der Gebäudetypen der Neubauten auf neuer Siedlungsfläche (rechts), jeweils im Regierungsbezirk Düsseldorf 1984-2005 (Quelle: Eigene Berechnung)

Im Hinblick auf erweiterte Darstellungsformen ist der Einsatz sogenannter Kartogramme (s. Beitrag Burgdorf in diesem Band) denkbar. Der Anteil neuer Siedlungsflächen könnte damit besser vermittelt werden, in dem die Bezugsflächen (z. B. Gemeinden) proportional zur gesamten Siedlungsfläche skaliert werden. Damit kann vermieden werden, dass Kennzahlen, die sich nicht auf die Bezugsfläche beziehen (siehe Dichten in Tabellen) ohne Hintergrundwissen über den vorliegenden Siedlungsflächenanteil falsch interpretiert werden.

Eine weitere sehr öffentlichkeitswirksame Darstellung sind animierte Karten, mit denen sich dynamische Prozesse, wie die Gebäude oder Siedlungsflächenentwicklung, anschaulich visualisieren lassen. Aufgrund der vergleichsweise geringen Abmessungen von Gebäuden ist man hier allerdings auf die Darstellung kleiner Untersuchungsgebiete beschränkt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurden die am IÖR entwickelten Verfahren SEMENTA® und SEMENTA®-CHANGE vorgestellt, mit denen es möglich ist, siedlungsstrukturelle Kennzahlen und deren Entwicklung auf verschiedenen räumlichen Ebenen (Gebäude, Baublock, Gemeinde) zu berechnen. Es wurden Visualisierungsoptionen anhand von Projektergebnissen aufgezeigt in denen die Verfahren Anwendung fanden.

Bisher wurden mittelmaßstäbige topographische Karten im Maßstab 1:25 000 für die Analyse verwendet. Diese Daten erlauben trotz gebäudebasierter Berechnung lediglich überschlägige Ergebnisse für regionale und vergleichende Untersuchungen. Für gebäudescharfe Aussagen sollten stets genauere Gebäudedaten (z. B. ALK-Gebäude) verwendet werden.

Durch die standardisierte Gestaltung von Signaturen, Blattschnitt und Beschriftung ist die automatisierte Registrierung gescannter topographischer Karten möglich. Derzeit werden Methoden zur Erkennung der Kartenblattnummer sowie der Eckkoordinaten untersucht und anhand gescannter topographischer Karten 1:25 000 (ab 1945) getestet.

Die vorgestellten Verfahren liefern eine große Menge von Ergebniskennzahlen. Es könnten vertiefende Untersuchungen mit Methoden des Urban Data Mining (Behnisch 2009) durchgeführt werden, um in den Daten „verborgene" implizite Information oder typische Siedlungsstrukturmuster und Entwicklungspfade zu erkennen und diese zu klassifizieren.

Die Ergebnisse von SEMENTA® sollen Verwendung im hochauflösenden Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) finden (Meinel 2009). Nach der Einführung des AAA-Modells und den voraussichtlich 2012 bundesweit verfügbaren ALKIS®-/ATKIS®-Daten wird eine Verbesserung der Analyse- und Auswertemöglichkeiten mit diesen verbesserten Geobasisdaten erwartet, da auch Untersuchungen ausgewählter Geodatenbestände einschließlich einer Bilanzierung und räumlichen Verteilung unterhalb der Gemeindeebene möglich werden. Die Aussagekraft von Indikatoren in Monitoringsystemen wird somit erheblich verbessert (Ostrau 2010).

Bei multitemporalen Analysen wird man derzeit durch den Technologiewechsel von der analogen Kartenherstellung zur digitalen Ableitung topographischer Karten aus dem Liegenschaftskataster mit geometrischen Lageversätzen und unterschiedlichen Repräsentationen der Gebäude konfrontiert. Hierzu müssen weitere geeignete Matching-Algorithmen getestet werden, um die räumliche Verknüpfung herzustellen. Erste Ansätze dazu befinden sich in Herold et al. (2010b). Darüber hinaus wird an einer automatisierten Baublockabgrenzung auf Grundlage der topographischen Karte gearbeitet. Dies wäre für die Siedlungsflächenabgrenzung in älteren Karten von besonderem Interesse.

6 Literatur

AdV (2009): Richtlinie über Entgelte für die Bereitstellung und Nutzung von Geobasisdaten der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV-Entgeltrichtlinie) vom 09.09.2009 (Version 2.0).

Behnisch, M. (2009): Urban Data Mining – Operationalisierung der Strukturerkennung und Strukturbildung von Ähnlichkeitsmustern über die gebaute Umwelt. Universitätsverlag, Karlsruhe.

Blum, A.; Gruhler. K. (2010): Typologien der gebauten Umwelt – Modellierung und Analyse der Siedlungsentwicklung mit dem Strukturtypenansatz, Aachen, Shaker.

Deutsche Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin, 50 S.

Dodt, J.; Lechtenbörger, C. (2004): Farbkomposition – Ein Hilfsmittel zur multitemporalen Kartenauswertung. Kartographische Nachrichten 5/2004, S. 2 113-2 118.

Frischknecht, S. und Kanani, E. (1998): Automatic Interpretation of Scanned Topographic Maps: A Raster-Based Approach. Lecture Notes in Computer Science 1389/1998. Heidelberg: Springer Berlin.

Grün, A. (2008): Building extraction from aerial imagery. In: Qihao Weng (editor): Remote Sensing of Impervious Surfaces, Taylor & Francis Series in Remote Sensing Applications, pp. 269-295.

Hecht, R.; Herold, H.; Meinel, G. (2008): Gebäudescharfe Analyse der Siedlungsentwicklung auf Grundlage mittelmaßstäbiger Karten. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg. Heidelberg, Wichmann, S. 11-17.

Hecht, R. (2010): Classification of Building Footprints. In: Wallgrün, J. O.; Lautenschütz, A.-K. (Eds.): Proceedings of the GIScience 2010 Doctoral Colloquium. Heidelberg, AKA Verlag.

Henger, R.; Schröter-Schlaack, C. (2008): Designoptionen für den Handel mit Flächenausweisungsrechten in Deutschland, Land Use Economics and Planning – Discussion Paper, 08-02, Georg-August-Universität Göttingen.

Herold, H., Hecht, R.; Meinel, G. (2010a): Hochauflösende Modellierung urbaner Veränderungsprozesse auf Basis multitemporaler topographischer Kartenserien. In: Proceedings des 18. Deutschsprachigen Kolloquiums für Theorie und quantitative Methoden in der Geographie 2010, IÖR-Schriften, Dresden (im Erscheinen).

Herold, H.; Meinel, G.; Csaplovics, E. (2010b): An Approach to Spatio-Temporal Information Retrieval from Map Series for Monitoring Urban Dynamics. In: Wallgrün, J. O.; Lautenschütz, A.-K. (Eds.): Proceedings of the GIScience 2010 Doctoral Colloquium. Heidelberg, AKA Verlag.

Koç San, D.; Turker, M. (2007): Automatic building extraction from high resolution stereo satellite images. In: Proceedings of Conference on Information Extraction from SAR and Optical Data with Emphasize on Developing Countries, Istanbul, Turkey, May 2007.

Kohler, N.; Bradley, P. E. (2007): Methodology for the survival analysis of urban building stocks. Building Research and Information 35, no. 5, pp. 529-542.

Lari, Z.; Ebadi, H. (2007): Automated Building Extraction from High-Resolution Satellite Imagery Using Spectral and Structural Information Based on Artificial Neural Networks. In: Proceeding of ISPRS conference on Information Extracting from SAR and Optical Data with Emphasis on Developing Countries, Istanbul, Turkey, May 2007.

Lee, D. S.; Shan, J.; Bethel, J. S. (2003): Class-Guided Building Extraction from Ikonos Imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing., Vol. 69(2), S. 143-150.

Lefevre, S.; Weber, J.; Sheeren, D. (2007): Automatic Building Extraction in VHR Images Using Advanced Morphological Operators. In: IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas (URBAN), Paris, France, 2007, S. 1-5.

Maderlechner, G.; Mayer, H. (1994): Automated acquisition of geographic information from scanned maps for GIS using frames and semantic networks. In: Proceedings of the 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition, S. 361-363.

Meinel, G.; Winkler, M. (2002): Spatial analysis of settlement and open land trends in urban areas on basis of RS data studies of five European cities over a 50-year period. Proceedings of the 22nd Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories: S. 539-546.

Meinel, G.; Neumann, K. (2003): Siedlungsflächenentwicklung der Stadtregion Dresden seit 1790 – GIS-Methodik und Analyseergebnisse. Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation, no. 5, S. 409-422.

Meinel, G.; Hecht. R.; Herold, H.; Schiller, G. (2008a): Automatische Ableitung von stadtstrukturellen Grundlagendaten und Integration in einem Geographischen Informationssystem, Forschungen Heft 134, Herausgeber BBR, Bonn, ISSN 1435–4659 (Schriftenreihe), ISBN 978-3-87994-466-8, 98 Seiten.

Meinel, G.; Knop M.; Hecht, R. (2008b): Qualitätsaspekte und Verfügbarkeit digitaler Geobasisdaten in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung des ATKIS® Basis-DLM und der DTK25(-V). In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, Heft 1/2008, S. 29-40.

Meinel, G. (2009): Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung auf Grundlage von Geobasisdaten. In Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik, Aachen, Shaker, S. 177-194.

Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H. (2009): Analysing Building Stock using Topographic Maps and GIS, Building Research & Information, Volume 37 Issue 5, S. 468-482.

Neidhart, H.; Sester M. (2004): Identifying Building Types and Building Clusters Using 3D-Laser Scanning and GIS-Data. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Bd. 35. Istanbul. www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm4/papers/442.pdf.

Ostrau, S. (2010): Konzept zur Harmonisierung und Präsentation von Nutzungsdaten auf Grundlage des 3A-Modells. Bonn, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität. http://hss.ulb.uni-bonn.de/2010/2169/2169.pdf.

Rutzinger, M.; Rüf, B.; Höfle, B.; Vetter, M. (2010): Change detection of building footprints from airborne laser scanning acquired in short time intervals. In: Wagner W., Székely, B. (eds.): ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5-7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7B.

Shan, J.; Lee, D. S. (2005): Quality of Building Extraction from IKONOS Imagery. Journal of Surveying Engineering, American Society of Civil Engineers, February, Vol. 31, No. 1, pp. 27-32.

Vosselman, G.; Maas, H.-G. (2010): Airborne and Terrestrial Laser Scanning. 1. Aufl. CRC Press, März 5.

Statistikangebote und Prognose

Auf dem Weg zu einer rasterbasierten Regionalstatistik in Europa

Ingrid Kaminger

Zusammenfassung

Die Bereitstellung und Anwendung rasterbasierter, regionalstatistischer Daten hat mittlerweile in einigen europäischen Ländern Fuß gefasst. Im Folgenden wird die historische Entwicklung kurz umrissen sowie allgemeine Aspekte in Bezug auf Rastersysteme und Rasterdatenerstellung sowie Datenschutz geschildert. Weiter wird ein Blick in die Zukunft geworfen, insbesondere auf die Verbreitung der Rasteridee in Europa sowie die europäischen Harmonisierungsbestrebungen des ESSNet-Projektes GEOSTAT.

1 Eine Idee wird europäisch

Die Idee der rasterbasierten Regionalstatistik ist nicht neu. Diesbezüglich sind schon Arbeiten aus der Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt. Doch selbst heutzutage ist es noch ein erklärtes Ziel, die Einwohnerdichte europaweit auf Raster abzubilden.

Die älteste bekannte Rasterkarte aus Europa stammt aus dem Jahr 1856 und bildet die Bevölkerung Südschwedens im Meilenraster[1] ab (Öberg, Springfeldt 1991). Die Karte (Abb. 1) wurde als Grundlage für die Planung der wichtigsten Bahnlinien konstruiert. Die skandinavischen Länder gelten als Pioniere der Raster, die sehr frühe exemplarische Studien präsentieren können. Finnland stellte zum Beispiel schon Ergebnisse des Zensus aus dem Jahre 1970 im 1 km-Raster dar. In den 1990er Jahren entwickelte sich dann aus diversen nordischen, binationalen Kooperationen das „Nordic Forum for Geostatistics“, aus dem in weiterer Folge 2008 das „European Forum for Geostatistics“ (EFGS) gegründet wurde. Ein Meilenstein der Entwicklung war sicher auch ein Workshop des Joint Research Centers (JRC) in Ispra 2003, bei dem ein Europäisches Referenz Rastersystem (JRC 2003) definiert wurde. Die INSPIRE[2] Richtlinie aus dem Jahre 2007 sieht auch vor, dass in Zukunft umweltrelevante Daten sowie demographische und andere statistische Daten auf Basis dieses Rastersystems zur Verfügung gestellt werden.

[1] Raster im alten Längenmaß der schwedischen Meile (10,688 km).
[2] INSPIRE: Infrastructure for Spatial Information in Europe.

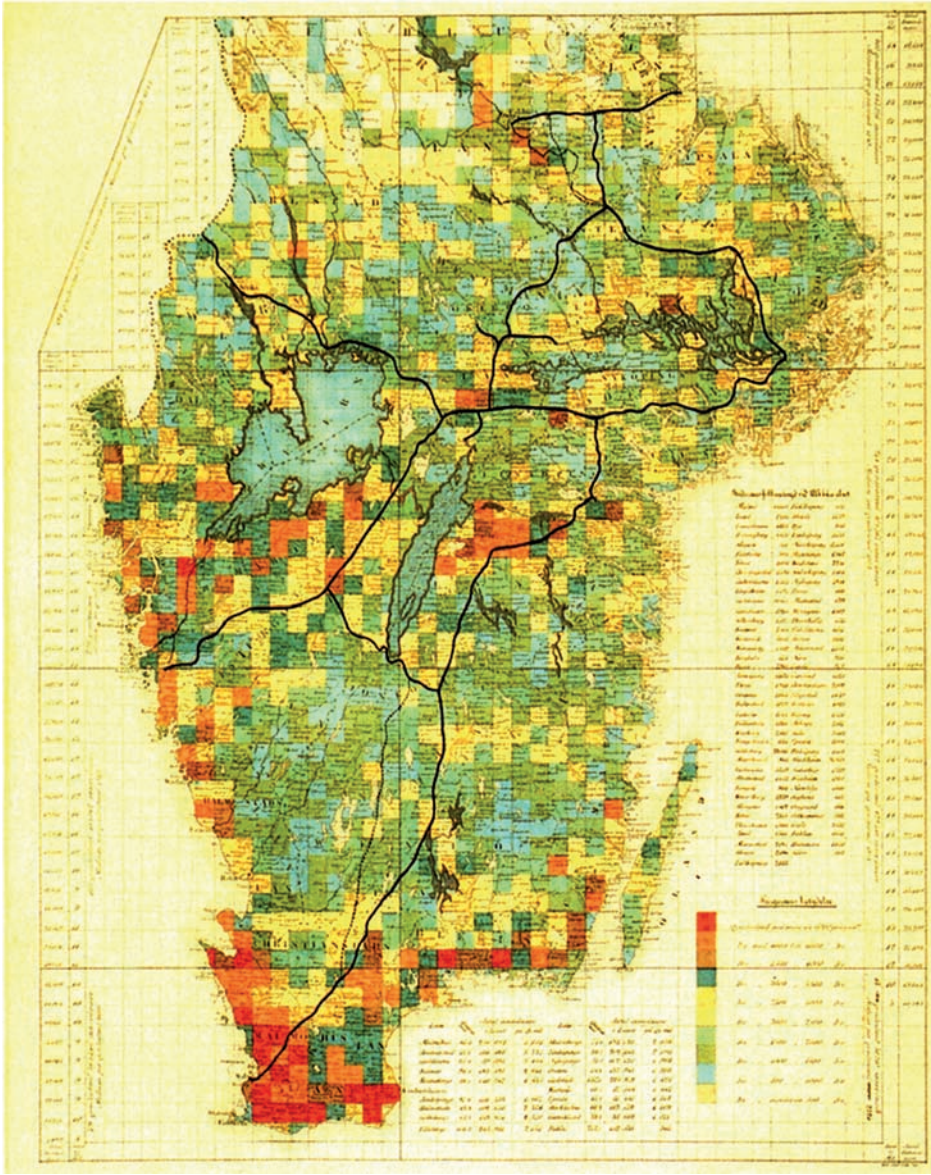


Abb. 1: Beispiel für eine Rasterkarte aus dem 19. Jahrhundert (Bevölkerungsdichte 1856, Südschweden)

2 Raster – Allgemeines

Regionalstatistische Rastereinheiten bilden ein flächendeckendes, räumliches Bezugssystem für Geodaten aller Art. Sie sind von Verwaltungsgrenzen und somit von eventuellen Grenzänderungen unabhängig und erlauben daher eine rein sachbezogene Gebietsab-

grenzung. Die in Europa gängigen nationalen Rastersysteme basieren alle auf Basis der dort üblichen Referenzsysteme und sind somit koordinatenabhängig mit Fixpunkt.

Durch INSPIRE wurde, wie erwähnt, ein Rastersystem für europäische Zwecke definiert, das auf der LAEA[3]-Projektion beruht und das europäische Festland in einem abdeckt. Grenzüberschreitende räumliche Analysen können dadurch leichter durchgeführt werden, da der aufwendige Schritt der Datenharmonisierung schon im Vorfeld durchgeführt wurde. Die Bestrebungen von unten erwähntem GEOSTAT-Projekt gehen allerdings in die Richtung, ein globales Rastersystem zu definieren, das auf der UTM-Projektion beruht.

Verschiedene Rastergrößen liefern je nach Fragestellung die passende Grundlage. INSPIRE sieht in den Datenspezifikationen die Rastergrößen 100 m, 1 km, 10 km und 100 km vor. Eine weitere Untergliederung in Zwischenstufen dieser Hierarchie ist gängig. So finden sich für statistische Daten auch die Rastergrößen 200 m oder 250 m, 500 m, 2 km und 5 km, für nicht statistische Daten (z. B. Landnutzungsdaten) auch noch kleinere Rastergrößen. Man kann für die kartographische Darstellung eine dem Kartenmaßstab entsprechende Auflösung wählen, die das dargestellte Merkmal ausreichend genau aber gleichzeitig dem Kartenmaßstab entsprechend generalisiert darstellt.

Aufgrund ihrer Kleinräumigkeit können Umweltphänomene und räumliche Verteilungen entdeckt werden, die sonst aus Statistiken auf der Basis von Verwaltungsebenen nicht erkennbar wären. Die Vorteile der Raster sind unumstritten. Es gibt zwei Hauptgründe, weswegen exakte Daten noch nicht europaweit zur Verfügung stehen – Datenschutzproblematik und Aufwand der Erstellung.

3 Raster und Datenschutz

Nachdem die Raster stärker regional untergliedert sind als Verwaltungseinheiten, ist das Thema Datenschutz – insbesondere als Schutz des Individuums – ein großes Thema. Die verschiedenen Länder haben dafür unterschiedliche Regelungen. Die gängigen Methoden umfassen folgende Verfahren:

- Unterdrücken von Werten in unterbesetzten Rasterzellen
- Perturbation (Verändern der Werte durch Addieren oder Subtrahieren von Zufallswerten)
- Ausweisen von Klassen statt Werten
- Zusammenfassen von unterbesetzten Rasterzellen mit benachbarten
- Ersetzen von unterbesetzten Rasterzellen mit hierarchisch höheren Rasterzellen (Mischraster).

[3] LAEA: Lambert Azimuthal Equal Area Projection, EPSG 3035.

In jedem dieser Fälle führt das zu einem Informationsverlust, entweder stimmen die Summen nicht mehr oder aber die regionale Tiefe geht verloren.

Es gibt auch Ansätze, das Problem differenzierter zu lösen. So wird etwa in der Schweiz und Dänemark unterschieden, ob das auszuweisende Merkmal als sensibel einzustufen ist oder nicht und die Schwelle ab welchem die Zelle als unterbesetzt gilt, hängt von dem Merkmal bzw. der Anzahl der Merkmalsuntergliederung ab. Am Beispiel der Altersgliederung könnte das bedeuten, dass eine grobe Altersgliederung bereits ab 20 Einwohnern, eine 10-klassige Altersgliederung ab 30 Einwohnern und eine Gliederung in 1-Jahresschritten erst ab 100 Einwohnern ausgewiesen wird. Einige Länder, wie auch Österreich, stellen die absoluten Fallzahlen (z. B. Zahl der Einwohner, Haushalte, Gebäude,…) ohne weiterer Merkmalsuntergliederung uneingeschränkt auf der Basis des 100 m-Rasters zur Verfügung. Die Datenschutzschwellen kommen dann nur für die weitere Merkmalsuntergliederung, erhältlich ab einer Rastergröße von 250 m, zum Tragen (z. B. Einwohner nach Altersklassen …).

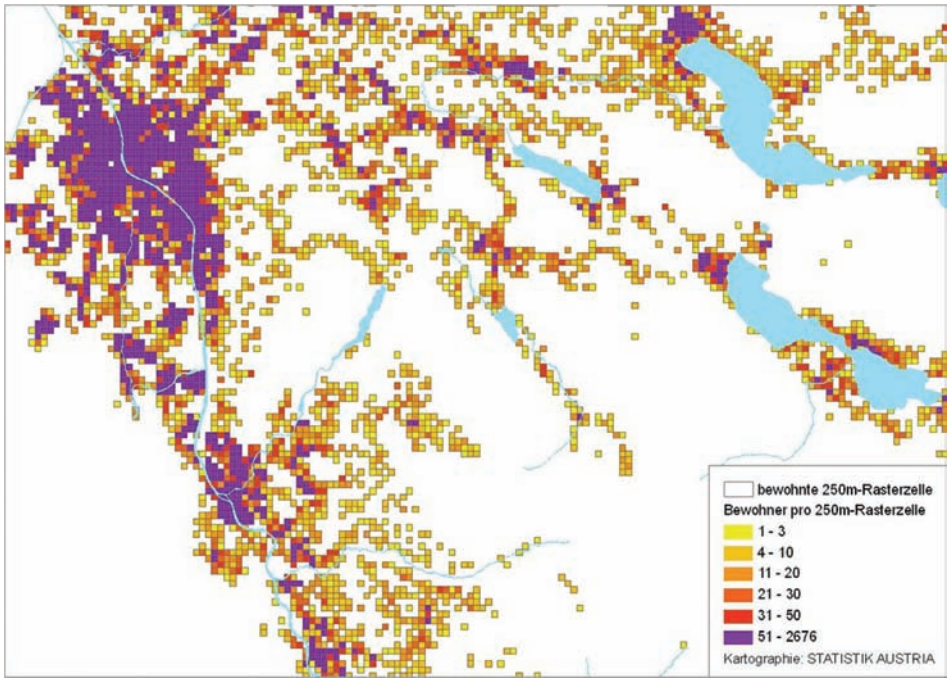


Abb. 2: Datenschutzschwellen am Beispiel der 250 m-Raster im Gebiet Salzburg/Hallein und Salzkammergut: Welche Zellen werden bei welcher Schwelle unterdrückt? (Quelle: STATISTIK AUSTRIA)

Die Höhe der Schwelle, ab welcher die Zelle als unterbesetzt gilt, wirkt sich naturgemäß auf die Zahl der unterdrückten Werte und der darin betroffenen Bevölkerung aus. Wie Abbildung 2 zeigt, sind im ländlichen Gebiet sogar oft ganze Ortschaften davon betrof-

fen. Das macht zwar prozentuell nur einen geringen Teil der Bevölkerung aus, in diesen Gebieten wird man aber daher eher auf einen gröberen Raster umsteigen.

4 Die Rasterdatenerstellung

Zur Erstellung der Datensätze auf Rasterbasis kommen verschiedene Methoden zur Anwendung. Für punktbezogene Daten bietet sich die Aggregation an. Liegen Daten allerdings nur auf administrativer Ebene vor, so gibt es eine Reihe von Disaggregationsmethoden, um die Werte auf die darunterliegenden Rasterzellen aufzuteilen. Flächenhafte Phänomene (z. B. Landnutzung) können mit den Rastern verschnitten werden und so der Rasterzelle prozentuelle Anteile der Nutzung oder die vorwiegende Nutzung zugewiesen werden. Außerdem werden für statistische Daten die Ergebnisse der Aggregation und Disaggregation sowohl auf nationaler Ebene (z. B. Frankreich) als auch in der europäischen Rasterkarte kombiniert. Wo Aggregationsergebnisse zur Verfügung stehen werden diese verwendet, ansonsten bieten die Disaggregationsergebnisse eine gute Näherung.

4.1 Die Zuordnung statistischer Daten zu Rastern

4.1.1 Die Aggregation

Abb. 3: Ausschnitt aus der digitalen Katastralmappe mit Geokoordinaten der Gebäude (Quelle: STATISTIK AUSTRIA; DKM: BEV)

Steht eine georeferenzierte Datenbank auf Gebäude- oder Adressbasis zur Verfügung, dann kommt die Methode der Aggregation zur Anwendung. Die Koordinaten liegen entweder beim Eingang, mitten im Haus oder mitten im Grundstück. Jedenfalls ist der maximale Lagefehler der über die Koordinaten zugeordneten Daten somit auf die Länge der Grundstücksdiagonale begrenzt. Die Daten, die durch die Verknüpfung einem Gebäude zugeordnet werden können, werden über die Lage der Gebäudekoordinate der darüberliegenden Rasterzelle zugeordnet und über diese aggregiert. Derzeit bieten 11 Länder in Europa aggregierte Daten auf Rasterbasis an. Diese sind Dänemark, Estland, Finnland, Kosovo, Niederlande, Nordirland, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz und Slowenien. Einige Länder planen mit der Veröffentlichung der Zensus-Ergebnisse 2011 erstmals aggregierte Rasterdaten zu veröffentlichen.

4.1.2 Die Disaggregation

Den restlichen Ländern bleibt noch die Methode der räumlichen Disaggregation. Die Disaggregation bezeichnet die räumliche Aufteilung von statistischen Daten auf kleinere darunterliegende Gebiete. Dabei werden Daten auf Verwaltungsebene durch Hinzufügen von weiteren räumlichen Informationen, z. B. aus Luftbildern, auf die darunterliegenden Rasterzellen verteilt. Dafür müssen gewisse Annahmen getroffen werden – etwa wie wird die Bevölkerung der Gemeinde auf die verschiedenen Gebiete der CORINE[4]-Nutzungstypen verteilt. Je detaillierter und differenzierter die dafür herangezogenen Datengrundlagen sind, desto besser werden auch die daraus erhaltenen Ergebnisse. Es gibt in Europa einige Ansätze zur Disaggregation, etwa JRC (2003), Steinnocher (2006), Martin (2009), Lipatz (2010).

In Abbildung 4 werden am Beispiel Andria-Bari (Italien) als Ausgangsdaten die Einwohnerdichte auf Gemeindeebene und die CORINE-Landnutzungsklassifizierung sowie das Ergebnis der Disaggregation (Wirthmann 2006) gezeigt. CORINE wird gerne als Grundlage herangezogen, da es den großen Vorteil hat, für ganz Europa flächendeckend und einheitlich zur Verfügung zu stehen. Flächenhaft Phänomene unter 25 ha wurden aber in CORINE 2000 nicht erfasst und insbesondere ist keine differenzierte Siedlungstypisierung enthalten, und so liefert die Disaggregation auf Basis von CORINE nur eine grobe Annäherung.

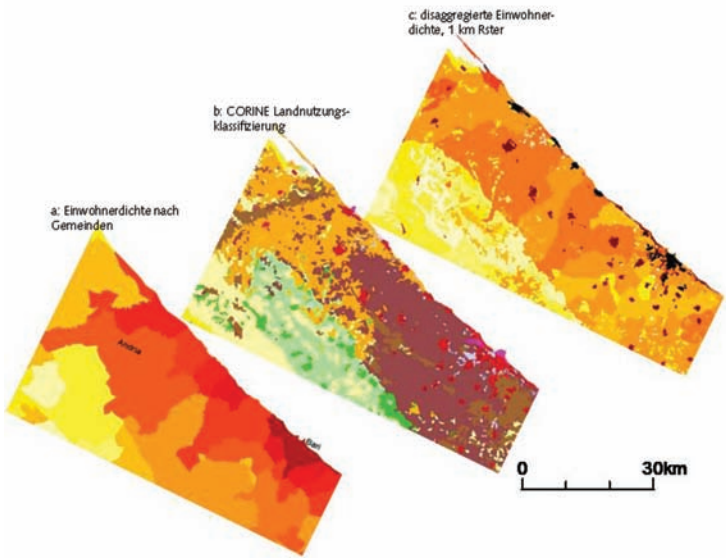


Abb. 4: Gemeindedaten, CORINE Landnutzungsklassifizierung und Ergebnis der Disaggregation (Quelle: Wirthmann)

[4] CORINE (Coordination of Information on the Environment): Für das europaweite Projekt CORINE Land Cover (CLC) wurde die Bodenbedeckung und Landnutzung nach 44 Klassen europaweit auf der Basis von Satellitendaten im Maßstab 1:100 000 erfasst.

Der Vergleich der Ergebnisse der Disaggregation mit jenen der Aggregation in den Ländern, in denen die Aggregation möglich ist, zeigt, dass dadurch die Bevölkerung in städtisch geprägten Siedlungen zu wenig differenziert verteilt wird und ländlichen Gebieten, je nach Methode, keine oder zu viel Bevölkerung zugeordnet wird (Steinnocher et al. 2006). Diese wertvolle Erkenntnis trägt aber wieder zur Verbesserung der Disaggregationsmethoden bei. Weiterentwicklungen der Methoden, etwa durch Einbeziehung von Siedlungsdichte, Gebäudehöhen sowie Versiegelungsgrad, sind in Arbeit.

4.2 Die Zuordnung flächenbezogener Daten zu Rastern

Die Verknüpfung unterschiedlicher Themenbereiche ist für raumbezogene Analysen von Bedeutung. Für die Kombination von statistischen Daten mit nicht-statistischen Daten ist es nötig, letztere den Rastern zuzuordnen. Sind diese Daten in ihrer Ausdehnung flächenhaft und liegen sie auch als solche digitalisiert vor, können sie relativ einfach als Raster dargestellt werden. Für grober gegliederte Flächen bietet sich eine einfache Methode an, bei der die Rastermittelpunkte mit den zu rasternden Polygonen lagemäßig verknüpft werden und somit jeder Rasterzelle der Wert in ihrer Mitte zugeordnet wird (siehe Abb. 5). Für Landnutzungsdaten bedeutet das, dass die Rasterzelle jene Landnutzungskategorie zugeordnet bekommt, die genau in der Mitte der Rasterzelle liegt. Je feiner der gewählte Raster, desto genauer wird die Zuordnung (Wonka 2009, 52).

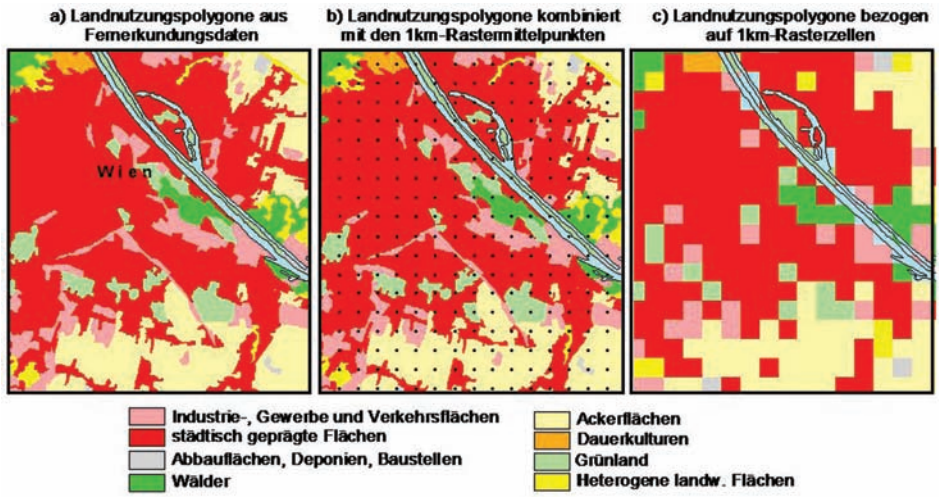


Abb. 5: Mittelpunktmäßige Zuordnung der Polygonflächen (hier Landnutzungsklassen aus Fernerkundungsdaten) zu den 1 km-Rasterzellen (Quelle: Wonka 2009, 33)

Wesentlich aufwendiger und genauer ist das Verschneiden der Rasterflächen mit den zu rasternden Polygonen. Als Beispiel für das exakte Umlegen von flächenbezogenen Daten auf Raster bieten sich die INVEKOS-Daten an. Im Lebensministerium

liegen die Polygone der Feldstücke (bzw. Schläge), wie in Abbildung 6 dargestellt, digital vor. In der entsprechenden Datenbank ist die Information über die Art der Nutzung (welche Feldfrucht…) für jeden Schlag gespeichert. Durch Verschneiden der Polygone mit den Rastern lassen sich somit für jede Rasterzelle die Anteile an jeder Nutzungsart berechnen. Daraus ergibt sich wiederum die in Abbildung 7 dargestellte vorwiegende Nutzung als jene Nutzungsart mit dem größten Anteil.

Abb. 6: Verschneiden der Polygone der INVEKOS-Schläge nach Nutzungsart mit den Rastern

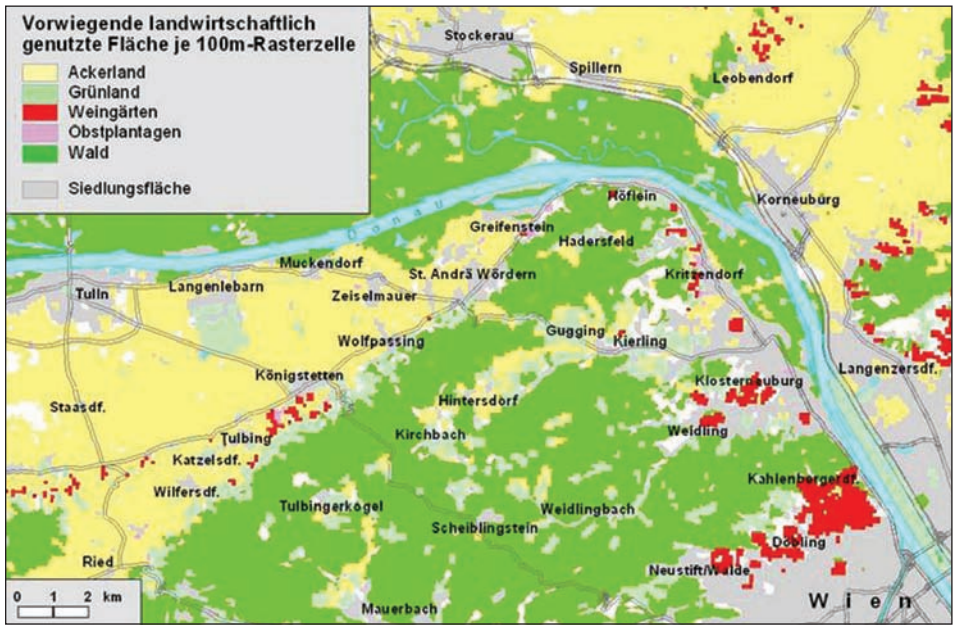


Abb. 7: 100 m-Raster nach vorwiegend landwirtschaftlicher Nutzung (Quelle: BMLFUW INVEKOS-Datenbank; CORINE-Landnutzungsdaten (Waldflächen); STATISTIK AUSTRIA, auf Rasterbasis erstellte Siedlungsfläche)

5 Das ESSNet-Projekt GEOSTAT

Während der Generaldirektoren-Konferenz in Palermo 2002 wurde beschlossen, Synergien, Harmonisierung und Verbreitung von bewährten Methoden im europäischen Statistischen System (ESS) zu fördern. Das war die Geburtsstunde der CENEX (Centres and Networks of Excellence), jetzt genannten ESSnet-Projekte. Diese haben das Ziel, Expertisen diverser ESS-Organisationen zusammenzuführen, um spezifische Maßnahmen zu entwickeln, die dem ganzen System nützen würden.

Anfang 2010 wurde diesbezüglich ein europaweites Projekt gestartet, das die Verbreitung der Rasteridee zum Ziel hat. Das von Eurostat und den teilnehmenden Statistischen Ämtern finanzierte ESSNet-Projekt GEOSTAT hat zum großen Ziel, eine standardisierte ESS-weite, für die Raumanalyse nützliche Bevölkerungsrasterkarte mit den Ergebnissen des Zensus 2010/2011 zu schaffen. GEOSTAT wird vom Statistischen Amt Norwegen koordiniert. Weitere acht Statistische Ämter (Estland, Finnland, Frankreich, Österreich, Niederlande, Polen, Portugal und Slowenien) sowie ein externer Experte nehmen daran teil. Das laufende Projekt startete im Frühjahr 2010 und läuft bis Ende 2011. Folgeprojekte sind in Planung, um die für 2013 vorgesehene Veröffentlichung der Zensusergebnisse 2011 abzuwarten und zu begleiten.

Die Herausforderung ist, allgemeine Spezifikationen für die Erstellung der harmonisierten, vergleichbaren Daten auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene zu entwickeln. Die Spezifikationen sollten Richtlinien über die Methoden für das Erstellen der Daten sowie Beschreibungen des Produktionsprozesses und die erforderlichen Eigenschaften (auch Datenschutz) des abschließenden Datensatzes umfassen.

Das Projekt ist in 4 Arbeitspakete untergliedert, die verschiedenen Schwerpunkte abdecken. In Arbeitspaket 1 „User Needs“ sollen im Hinblick auf die Anwenderbedürfnisse die in den Rasterländern gängigen Datenspezifikationen erhoben und für Europa harmonisiert definiert werden. Wie oben erwähnt, wird auch die Vision eines globalen Systems auf Basis von UTM-Zonen erörtert. Arbeitspaket 2 „Geostatistics“ befasst sich mit den Methoden zur Rasterdatenerstellung, der Integration der Ergebnisse der verschiedenen Methoden in einem gesamteuropäischen Rasterdatensatz sowie der Visualisierung anhand von Karten und Analysebeispielen. Arbeitspaket 3 „Infrastructure“ soll die nötige technische Infrastruktur für die Zusammenführung der rasterbasierten Statistiken der Europäischen Länder und zur Verbreitung der Ergebnisse schaffen. Arbeitspaket 4 „Distribution, Dissemination and Exploitation“ ist für die Verbreitung der Erkenntnisse und Ergebnisse an das gesamte ESS zuständig. Für das Folgeprojekt ist ein weiteres Arbeitspaket mit dem Schwerpunkt der Anwendungen von Rasterdaten geplant. Letztendlich ist es Aufgabe des Projektes, Überzeugungsarbeit und „Entwicklungshilfe“ zu leisten, sodass zusätzliche Länder den Rasteransatz aufnehmen.

6 Die Europäische Rasterkarte 2010

Die Entwicklung der European Rasterkarte ging Hand in Hand mit der Entwicklung des Rasterdaten-Angebots in den diversen europäischen Ländern. Im Jahr 2000 war es noch primär eine skandinavische Rasterkarte, seit 2006 wurde sie regelmäßig um die Einwohnerzahlen im 1 km-Raster der neuen Rasterländer ergänzt. 2008 wurde sie dann mit den Ergebnissen der Disaggregation auf europäischer Ebene verknüpft.

Da die Raster-Erstellungsmethoden in den diversen europäischen Ländern verschieden sind, wurden in der gesamteuropäischen Darstellung die Ergebnisse der Methoden der Aggregation und der Disaggregation als Hybrid-Ansatz kombiniert. Für die Länder, in denen aggregierte Rasterdaten zur Verfügung stehen, wurden diese verwendet. Für die anderen EU-Länder wurden die Ergebnisse der Disaggregation herangezogen. Das Joint Research Centre JRC stellte das Ergebnis der Disaggregation (LAU2 disaggregiert nach CORINE) für alle EU-Länder zur Verfügung (Gallego 2010). Auf der Homepage des Europäischen Forums für Geostatistics (EFGS) steht die Karte der so kombinierten Daten zum Download zur Verfügung. Sobald geklärt ist, ob der zugehörige Datensatz zum Download angeboten werden kann, wird er auch dort verlinkt sein.

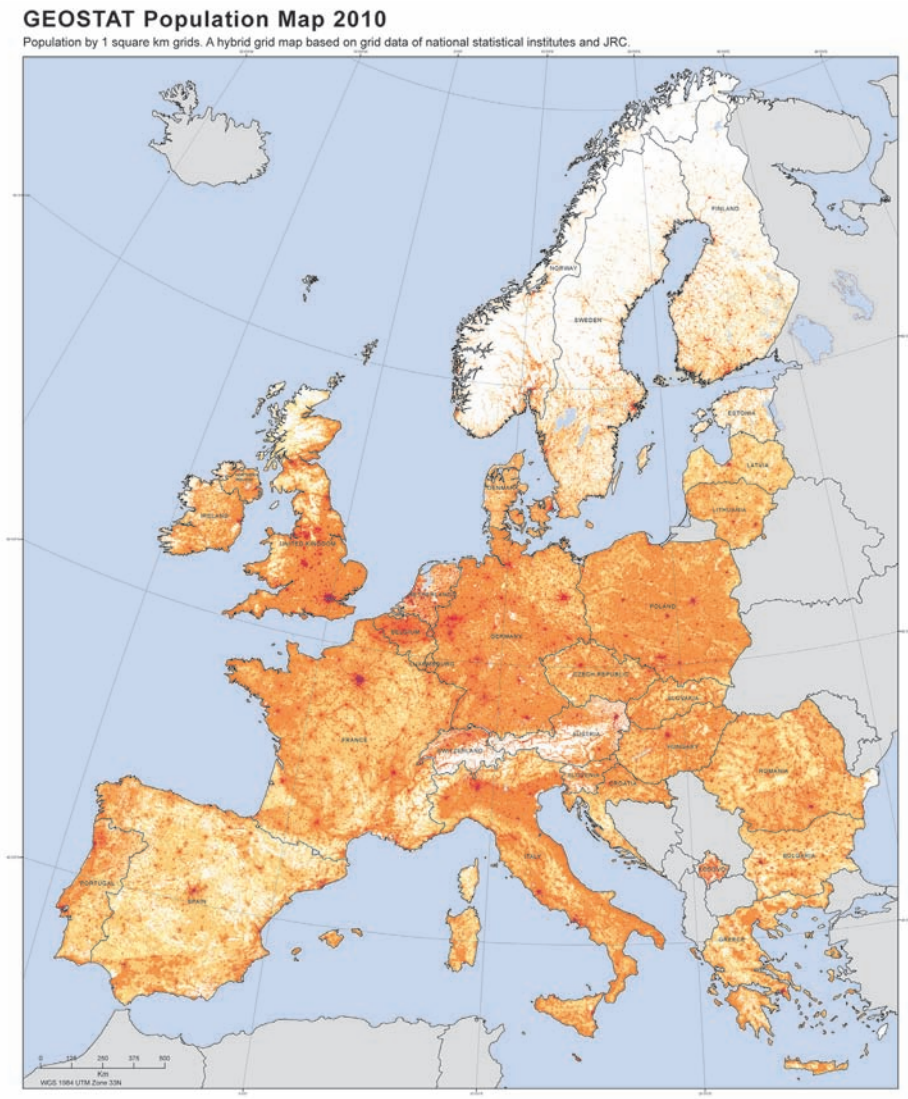


Abb. 8: Die Europäische Rasterkarte 2010 (Quelle: EFGS, erstellt von Statistics Finland)

7 Literatur

European Forum for Geostatistics (EFGS) (2010): www.efgs.ssb.no bzw. www.efgs.info (Zugriff: Aug. 2010).

ESSnet (2010): http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/essnet/introduction (Zugriff: Aug. 2010).

European Grid map (2010): http://www.efgs.info/grid-maps/GEOSTAT_Population_Map_2010.pdf (Zugriff: Aug. 2010).

Gallego, J. A. (2009): A Downscaled Population Density Map of the EU from Commune Data and Land Cover Information: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/research_methodology/documents/S14P3_JAVIER_GALLEGO_DOWNSCALED_POPULATION_DENSITY.pdf (Zugriff: Aug. 2010).

Gallego, F. J. (2010): A population density grid of the European Union, Population and Environment. 31: 460-473. http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/population-density-disaggregated-with-corine-land-cover-2000-2 (Zugriff: Aug. 2010).

Gallego, F. J.; Peedell, S. (2001): Using CORINE Land Cover to map population density. Towards Agri-environmental indicators, Topic report 6/2001 European Environment Agency, Copenhagen, 92-103. http://agrienv.jrc.it/publications/pdfs/disagg_pop.pdf (Zugriff: Aug. 2010).

GEOSTAT (2010): http://www.efgs.info/geostat-project (Zugriff: Aug. 2010).

INSPIRE (2007): Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). http://inspire.jrc.ec.europa.eu (Zugriff: Aug. 2010).

INSPIRE (2010): Grid Specifications: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Date_Specifications/INSPIRE_Specification_GGS_v3.0.1.pdf (Aug. 2010).

JRC (2003): Workshop on European reference grids: http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/alpsis/Docs/ref_grid_sh_proc_draft.pdf (Zugriff: Aug. 2010).

Lipatz, J. L. (2010): http://www.insee.fr/fr/ppp/bases-de-donnes/donnes-detaillees/duicq/uu_communepp.asp?reg=54&com=86194 (Zugriff: Aug. 2010).

Martin, D. (2009): Gridded population data for the UK – redistribution models and applications: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/research_methologogy/documents/S14P2_GRIDDES_POPULATION_DATA_FOR_THE_UK_DAVID_MARTIN.pdf (Zugriff: Aug. 2010).

Öberg, S.; Springfeldt, P. (1991): The Population. The National Atlas of Sweden. Theme manager Statistics Sweden.

Steinnocher, K.; Weichselbaum, J.; Köstl, M. (2006): Linking remote sensing and demographic analysis in urbanised areas. In: P. Hostert, A. Damm, S. Schiefer (Eds.): First Workshop of the EARSeL SIG on Urban Remote Sensing "Challenges and Solutions", March 2-3, 2006, Berlin, CD-ROM.

Wirthmann, A. (2006): Experiences with grids at Eurostat; Nordic Forum for Geo-statistics 2006; 12-14 September 2006, Kongsvinger, NO: http://www.ssb.no/omssb/kurs_seminar/nordic/a05_presentation_eur_wirthmann.pdf (Zugriff: Aug. 2010).

Wonka, E.; Kaminger, I.; Katzlberger, G. (2009): Regionalstatistische Auswertungen mit geographischen Rastern in der Raumplanung. In: Kartographische Visualisierung in der Raumplanung IzR 10/11.2009, Hrsg.: BBSR im BBR.

Wonka, E. (2009): Regionalstatistik in Österreich auf der räumlichen Bezugsbasis von regionalstatistischen Rastereinheiten. http://www.oeaw-giscience.org/download/RasterStatistikEonka2A.pdf (Zugriff: Aug. 2010).

Regionalisierte Wohnungsprognosen – Grundlage für Flächenbedarfsberechnungen

Irene Iwanow

Zusammenfassung

Bevölkerungsschrumpfung und entspannte Wohnungsmärkte tragen dazu bei, dass die nachfragenden Haushalte ihre differenzierten Wohnwünsche zunehmend besser realisieren können. Dabei gewinnen regionale Wohnungsmarktanalysen und -prognosen zunehmend an Bedeutung. Gerade kleinräumige Wohnungsprognosen können entscheidend dazu beitragen, dass realistischere Abschätzungen der regionalen Wohnbauland-, Wohnungsneubau- und Leerstandsentwicklungen besser gelingen, da die Rahmenbedingungen auf den kommunalen und regionalen Wohnungsmärkten spezifischer erfasst werden können. Im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) wurde dafür ein spezifischer Prognoseansatz entwickelt, der in diesem Beitrag kurz umrissen wird und dessen Anwendungsmöglichkeiten in der Kommunal- und Regionalplanung anhand von Anwenderbeispielen gezeigt werden.

1 Einführung

Erste Einschätzungen zu den möglichen Auswirkungen von Bevölkerungsschrumpfung und Alterung auf die Wohnungsnachfrage- und Wohnbaulandentwicklungen bestehen meist darin, dass in schrumpfenden Städten und Regionen zukünftig keine Wohnungen mehr neu gebaut werden müssen und neue Flächenausweisungen nicht mehr notwendig sein werden. Obwohl aus ökologischer Sicht eine solche Einschätzung wünschenswert wäre, geht sie völlig an der Realität vorbei. Dafür gibt es zwei Gründe. In einfachen Wohnbaulandabschätzungen wird meist nicht berücksichtigt, dass man nicht von der Bevölkerungsdynamik allein auf die Wohnbaulandentwicklung schließen kann, da nicht die Einwohner selbst, sondern ihr Zusammenleben in Haushalten die Grundlage einer Wohnungsbedarfsprognose bilden. Zweitens reicht es für Wohnungs- und Wohnbaulandbedarfsberechnungen nicht aus, nur die Versorgung der Haushalte schlechthin zu betrachten, vielmehr wird es immer so sein, dass diese auch bestrebt sein werden, ihre Wohnsituation immer besser an ihre eigentlichen Wohnvorstellungen anzupassen. Dafür sind sowohl Umzüge in eine neue Mietwohnung als auch der Erwerb oder Bau eines Eigenheimes klassische Beispiele.

2 Bevölkerungs- und Flächenentwicklung

Alle Bevölkerungsprognosen weisen darauf hin, dass zukünftig in immer mehr Städten und Regionen mit Bevölkerungsschrumpfung zu rechnen ist. Manche Regionen werden in naher Zukunft auch weiterhin durch Bevölkerungswachstum gekennzeichnet sein, doch grundsätzlich kann nicht davon ausgegangen werden, dass dies auch in fernerer Zukunft so bleiben wird. Unabhängig davon, ob in der Vergangenheit Bevölkerungswachstum oder Bevölkerungsschrumpfung stattgefunden hat, stieg die Siedlungs- und Verkehrsfläche, aber auch die Gebäude- und Freifläche für Wohnen, weiter an. „Regionen mit hoher Bevölkerungsdynamik verzeichneten die intensivste Neubautätigkeit. …. Nur in Ostdeutschland hatte der Wohnungsbau in der zweiten Hälfte der 90er Jahre eine kaum an Nachfragepotenzialen orientierte Intensität."(Siedentop et al. 2003, 78). Eigene Analysen zur Bevölkerungs- sowie Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung zeigen, dass im Zeitraum 1997 bis 2001 in Westdeutschland die Bevölkerung um 0,9 % und die Siedlungs- und Verkehrsfläche um 4,0 % gestiegen ist. Ganz anders sieht die Entwicklung in Ostdeutschland aus. Im gleichen Zeitraum sank die Zahl der Einwohner um 2,1 % und parallel dazu nahm die Siedlungs- und Verkehrsfläche um 6,3 % zu. Eine solche Divergenz lässt sich nicht problemlos erklären und bedarf dynamischer Explorationsmodelle. An wichtigen methodischen Grundlagen für einen solchen Ansatz wird im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) gearbeitet.

Wie kann eine derartige, zunächst unlogisch erscheinende Entwicklung zustande kommen? Betrachtet man die Zusammenhänge zwischen der Einwohnerentwicklung und dem Zuwachs an Gebäude- und Freiflächen für Wohnen auf der Ebene der Bundesländer, so lassen sich ähnliche Aussagen, wie sie Siedentop 2003 beschrieb, auch in jüngster Vergangenheit feststellen. Als Länderbeispiele für Einwohnerzuwächse wurden Bayern und Baden-Württemberg gewählt. Es gibt zwar in den Zeiträumen 1996 bis 2000, 2000 bis 2004 und 2004 bis 2008 nicht immer einen direkten Zusammenhang zwischen der Einwohnerentwicklung (Abb. 1) und der Veränderung der Gebäude- und Freifläche für Wohnen (Abb. 2), dennoch lässt sich für beide Länder neben den Einwohnerzuwächsen eine deutliche Flächenzunahme erkennen.

Anders sieht es für den Freistaat Sachsen aus. Hier zeigen sich auch bei kontinuierlicher Bevölkerungsschrumpfung für alle drei Zeiträume ebenfalls erhebliche Zuwächse der Gebäude- und Freiflächen für Wohnen. Die Bundesländer Niedersachsen und Brandenburg waren in zwei bzw. einem der betrachteten Zeiträume durch Einwohnergewinne und in den anderen Zeiträumen durch Einwohnerverluste geprägt (Abb. 1). Trotzdem nahm die Gebäude- und Freifläche für Wohnen in beiden Bundesländern in allen drei Zeiträumen ebenfalls weiter zu (Abb. 2).

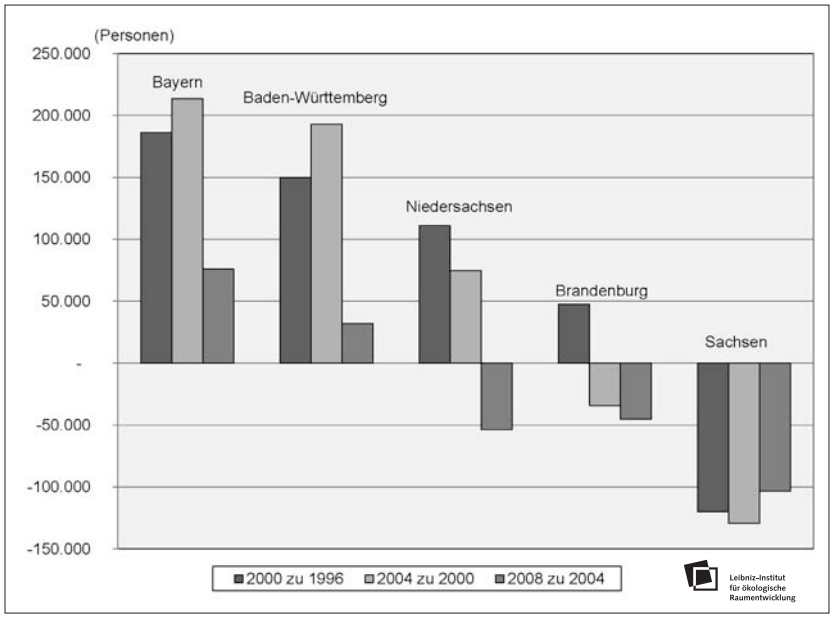


Abb. 1: Einwohnerentwicklung in ausgewählten Ländern 1996 bis 2008 (Quelle: IÖR, Datenbasis: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Februar 2010; Statistische Landesämter: https://www.genesis.destatis.de, März 2010)

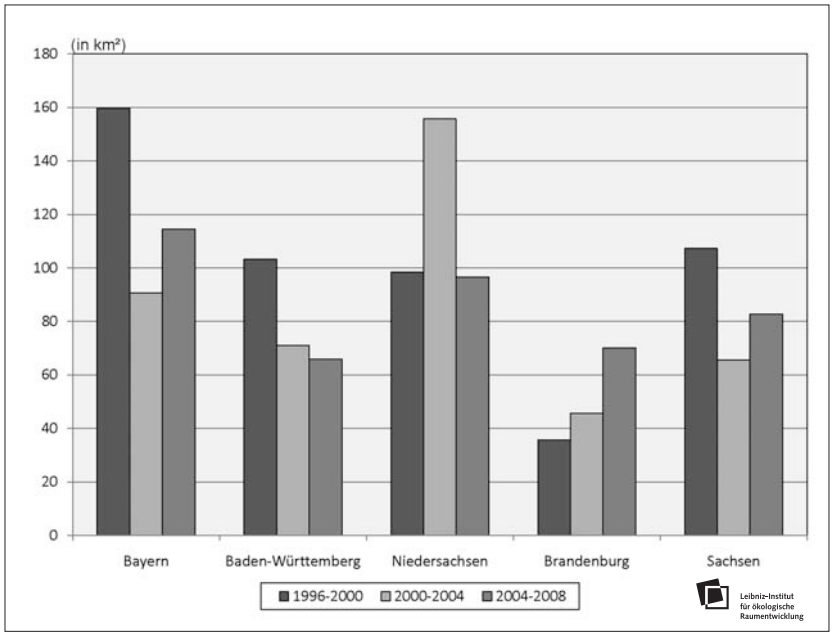


Abb. 2: Veränderung der Gebäude- und Freifläche Wohnen in ausgewählten Ländern 1996 bis 2008 (Quelle: IÖR, Datenbasis: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Februar 2010; Statistische Landesämter: https://www.genesis.destatis.de, März 2010)

Eine deutlichere Korrespondenz der Entwicklung der Gebäude- und Freiflächen für Wohnen zeigt sich zur Haushaltsentwicklung (Abb. 3). Hier ist zu erkennen, dass trotz unterschiedlicher Einwohnerentwicklungen (Wachstum oder Schrumpfung) in allen fünf ausgewählten Bundesländern die Zahl der Privathaushalte weiter gestiegen ist. Dies erklärt zumindest ansatzweise, dass allein schon aus einer rein quantitativen Betrachtungsweise heraus Wohnungsbau, insbesondere aber Wohnungsneubau, stattgefunden haben wird, um die neuen Haushalte auch mit entsprechendem Wohnraum versorgen zu können.

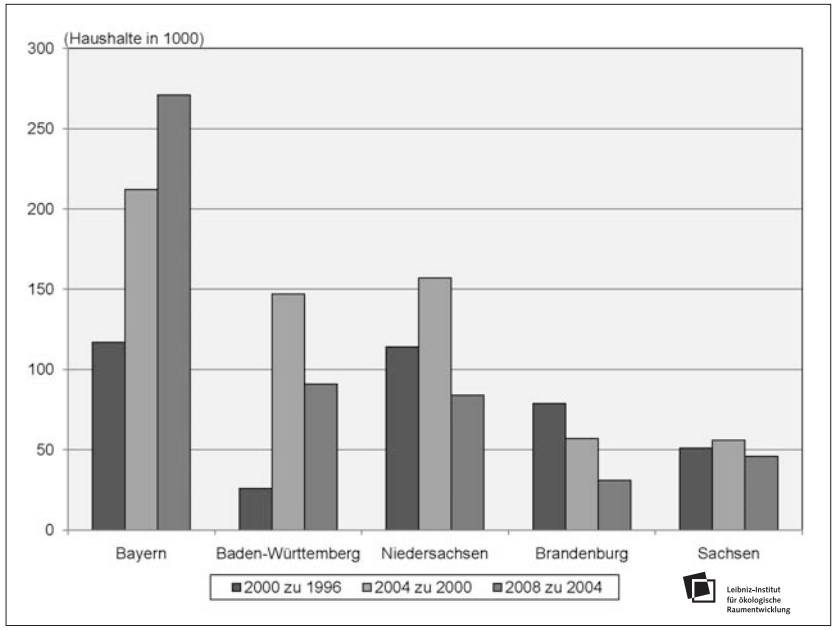


Abb. 3: Haushaltsentwicklung in ausgewählten Ländern 1996 bis 2008 (Quelle: IÖR, Datenbasis: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Februar 2010; Statistische Landesämter: https://www.genesis.destatis.de, März 2010)

Insgesamt ist ersichtlich, dass ein direkter Analogieschluss aus der Dynamik der Einwohnerentwicklung auf die Wohnbauflächenentwicklung nicht möglich ist. So sollte eine Einschätzung der zukünftigen Dynamik der Wohnbauflächenentwicklung auch nicht allein aus den demographischen Veränderungen oder der Flächenentwicklung der vergangenen Jahre abgeleitet werden. Über die demographischen Einflüsse hinaus müssen zusätzliche Determinanten der Wohnbauflächenentwicklung betrachtet und ihre Interdependenzen analysiert werden.

3 Wohnungsmarktmodell

Zur Abschätzung des zukünftigen Wohnbauflächenbedarfs in den Flächennutzungsplänen dienten in der Vergangenheit meist Wohnungsbedarfsprognosen (Koppitz,

Schwarting 2005, 97 ff.). Diese basieren auf einem relativ einfachen Ansatz und sind als Komponentenmodelle konzipiert. Wohnungsbedarfsprognosen bestehen aus drei wesentlichen Komponenten: dem Neubedarf, dem Nachholbedarf und dem Ersatzbedarf (Höbel, Kühne-Büning 2005, 215 ff.). Der Wohnungsneubedarf erklärt sich aus dem Zuwachs der mit Wohnraum neu zu versorgenden Haushalte. Im Gegensatz dazu beschreibt der Nachholbedarf, wie viele Wohnungen im Basisjahr der Prognose bereits fehlen, damit für alle mit Wohnraum zu versorgenden Haushalte auch eine eigene Wohnung zur Verfügung steht. Der Wohnungsersatzbedarf benennt die Zahl neu zu bauender Wohnungen, die infolge von Wohnungsabgängen sonst zukünftig am Wohnungsmarkt fehlen würden.

Vor dem Hintergrund von Bevölkerungs- und Haushaltsschrumpfung wird deutlich, dass die Wohnungsbedarfsprognosen mit einigen methodischen Mängeln behaftet sind. So können zwar Wohnungsüberhänge im Sinne eines negativen Nachholbedarfs berücksichtigt werden, aber die Bezeichnung Nachholbedarf ist dann nicht mehr zutreffend. Außerdem ist in den herkömmlichen Wohnungsbedarfsprognosen bedeutungslos, ob es sich um Wohnungen des gesuchten Wohnungstyps handelt oder nicht. Abschätzungen zum zukünftigen Wohnungsneubaubedarf müssen deshalb zukünftig differenzierter sein. Im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) wurde deshalb ein neuer Ansatz für kleinräumige Wohnungsprognosen entwickelt (Iwanow et al. 2006).

Versucht man die Ergebnisse der Wohnungsprognosen des IÖR in das Komponentenschema der Wohnungsbedarfsprognosen zu übertragen, so zeigt sich, dass sich die Ergebnisse der regionalisierten IÖR-Prognosen von den Wohnungsbedarfsprognosen dadurch unterscheiden, dass in den IÖR-Prognosen auch die Wohnwünsche jener Haushalte einbezogen werden, die bereits mit Wohnraum versorgt sind, aber denen keine passenden Wohnungsangebote im entsprechenden Teilmarkt zur Verfügung stehen. Die IÖR-Prognosen weisen deshalb gegenüber den Wohnungsbedarfsprognosen eine zusätzliche Komponente aus. Sie beschreibt, wie hoch die Zahl nachfragender Haushalte ist, für die wunschgerechte Wohnungsangebote fehlen und deshalb durch Wohnungsneubau befriedigt werden sollten (Abb. 4).

Die Spezifik des regionalisierten Wohnungsmarktmodells des IÖR liegt darin, dass die Analyse und Prognose der Bevölkerungs-, Haushalts- und Nachfrageentwicklungen auf der kommunalen Ebene ansetzt. Dadurch wird es möglich, die Wohnungsbau- und Wohnbaulandbedürfnisse in wachsenden und schrumpfenden Kommunen genauer zu erfassen und zu prognostizieren, weil divergierende Nachfrageentwicklungen in räumlicher Nähe nicht mehr zu einer regionalen Einheit zusammengefasst werden müssen. Für eine reale Abbildung der tatsächlichen Wohnungsmarktprozesse ist es aber wichtig, auch regionale Ausgleichsmechanismen zwischen Nachfrage und Angebot einzubeziehen. Dazu dient ein simulierter Marktabgleich auf regionaler Ebene.

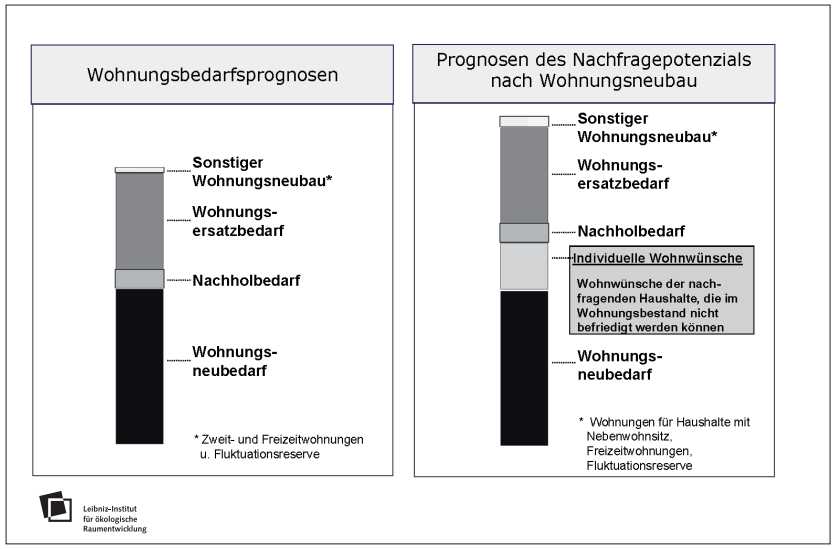


Abb. 4: Komponenten der Wohnungsbedarfsprognosen und Prognoseergebnisse der Wohnungsprognosen des IÖR (Quelle: Eigene Darstellung)

Im Wohnungsmarktmodell des IÖR wird der Begriff Nachfrage in einem erweiterten Sinne „… als (Konsum)Nachfrage von privaten Haushalten nach der Nutzung eines langlebigen Produktes, nämlich nach der periodenbezogenen Leistungsabgabe aus dem Investitionsgut Wohnung“ (Behring, Börsch-Supan, Goldrian 1988, 45) verstanden. Danach richtet sich die Nachfrage auch auf die weitere Nutzung der schon bewohnten Wohnungen und weicht somit von dem Begriff Nachfrage als Suche nach einer neuen Wohnung und dem damit verbundenen Wohnungswechsel ab. In diesem Sinne wird auch die Entscheidung der Haushalte zur Weiternutzung ihrer derzeitigen Wohnung als Wohnungsnachfrage interpretiert (Iwanow 2008,10).

Die Wohnungsnachfrage der Haushalte richtet sich aber nicht nur auf irgendeine Wohnung, sondern auf jenen Wohnungstyp, der auch seinen Wohnvorstellungen und finanziellen Möglichkeiten entspricht. Deshalb ist es erforderlich, den Wohnungsmarkt zusätzlich nach sektoralen Wohnungsteilmärkten zu untergliedern. Im einfachsten Sinne kann das eine Differenzierung nach Ein- und Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern sein. Dies bietet sich vor allem dann an, wenn Wohnungsprognosen für mehrere Kommunen oder Regionen erstellt werden sollen (vgl. Kap. 5.4). Handelt es sich aber um eine Wohnungsnachfrageprognose für nur eine Kommune, so ist meist eine weitere Differenzierung der Wohnungen in den Mehrfamilienhäusern für eine genauere Wohnungsmarktanalyse und -prognose sinnvoll (vgl. Kap. 5.3).

4 Erreichbare Ergebnisse

Entsprechend verschiedener Fragestellungen der Praxis und unterschiedlicher zeitlicher Aufwendungen für die Prognoseerstellung können mit dem Wohnungsmarktmodell des IÖR auch mehrere Qualitätsstufen der Ergebnisse erreicht werden. Je nach der interessierenden Fragestellung der Planungspraxis reicht es manchmal aus, die zukünftige Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung zu prognostizieren. Aufbauend auf diesen Ergebnissen lässt sich abschätzen, wie viele Wohnungen für die neuen Haushalte benötigt werden oder wie viele Wohnungen ohne Wohnungsabriss zukünftig überzählig sein dürften, wenn die Wohnungsabgänge und der Wohnungsneubau unberücksichtigt blieben. Beispielhafte Ergebnisse aus zwei Forschungsaufträgen des IÖR werden in den Kapiteln 5.1 (Bevölkerungsprognose) und 5.2 (Haushaltsprognose) vorgestellt.

Anspruchsvollere Ergebnisse erhält man, wenn zusätzlich zu den Prognosen zur Haushaltsentwicklung auch Differenzierungen nach verschiedenen Wohnungsteilmärkten erarbeitet werden. Damit können auch konträre Entwicklungen in den einzelnen Teilmärkten dargestellt und prognostiziert werden. Anhand von einem Beispiel aus der IÖR-Forschung werden mögliche Ergebnisse diskutiert (vgl. Kap. 5.3). Aufbauend auf diesen Ergebnissen können, z. B. in der Stadtplanung, Einschätzungen zur Höhe neuer Flächenausweisungen und zum Umgang mit potenziellen Wohnungsleerstandsentwicklungen erarbeitet werden. Die Erstellung derartiger differenzierter Wohnungsnachfrageprognosen erfordert jedoch erheblichen Analyseaufwand. Meist sind dafür Spezialanalysen aus dem Einwohnermelderegister oder anderen Datenquellen erforderlich.

Am kompliziertesten und zugleich zeitaufwendigsten, für die Immobilienwirtschaft sowie die Regional- und Kommunalplaner aber auch am aussagekräftigsten, sind die Ergebnisse vollständiger Wohnungsprognosen. In Ergänzung zu den vorhergehenden Prognoseaussagen werden in die kompletten Wohnungsprognosen auch die Entwicklungen der Wohnungsbestände mit einbezogen sowie die Interdependenzen zwischen Nachfrage- und Angebotsentwicklung berücksichtigt. Als Beispiele vollständiger Wohnungsprognosen werden ausgewählte Ergebnisse länderbezogener Wohnungsprognosen vorgestellt (vgl. Kap. 5.4). Für die Erstellung kompletter regionalisierter Wohnungsprognosen sind erwartungsgemäß sowohl der Zeitaufwand als auch die Datenanforderungen am höchsten.

5 Prognosebeispiele

5.1 Szenarien kleinräumiger Bevölkerungsentwicklungen

Im Auftrag der Stadtverwaltung Dresden erstellte das IÖR für die Stadt-Umland-Region Dresden eine Studie zur Bevölkerungsentwicklung bis 2021 in den einzelnen Kommu-

nen. Basis der Bevölkerungsprognose ist ein Komponentenmodell mit der Prognose der kommunalen natürlichen Bevölkerungsbewegungen sowie der Veränderung der Altersstrukturen unter Berücksichtigung verschiedener Verhaltensannahmen. Unterschiedliche Wanderungsannahmen bildeten die Grundlage für Szenarien der zukünftigen Bevölkerungsentwicklungen in der Stadt-Umland-Region Dresden. Die Wanderungsannahmen wurden insbesondere auf der Basis von Ex-Post-Analysen und Trendfortschreibungen ermittelt.

Die Ergebnisse der IÖR-Studie zeigen, dass zukünftig weniger als die Hälfte der Kommunen langfristig noch mit Bevölkerungswachstum rechnen können. Die Spannweite der prognostizierten kommunalen Einwohnerentwicklungen reicht dabei von -15,7 % bis +5,1 % (Eichhorn 2008, 75). Neben der prognostizierten Gesamtbevölkerung, dargestellt am Szenario 1, können auch altersgruppenspezifische kommunale Bevölkerungsentwicklungen ausgewiesen werden. Insbesondere die junge Bevölkerung von 15 bis 45 Jahren und die Bevölkerung über 65 Jahre zeigt ein ähnliches Bild der Einwohnerab- bzw. -zunahme. Differenzierter sieht die Einwohnerentwicklung in der Gruppe der 45- bis 65-Jährigen aus (Abb. 5). In dieser Altersgruppe kommt es teilweise noch zu einem Einwohnerzuwachs, teilweise aber auch zu Einwohnerrückgängen. Detaillierte Bevölkerungsprognosen nach Altersgruppen sind insbesondere für die verschiedenen Fachbereiche der Kommunalplanung von besonderem Interesse.

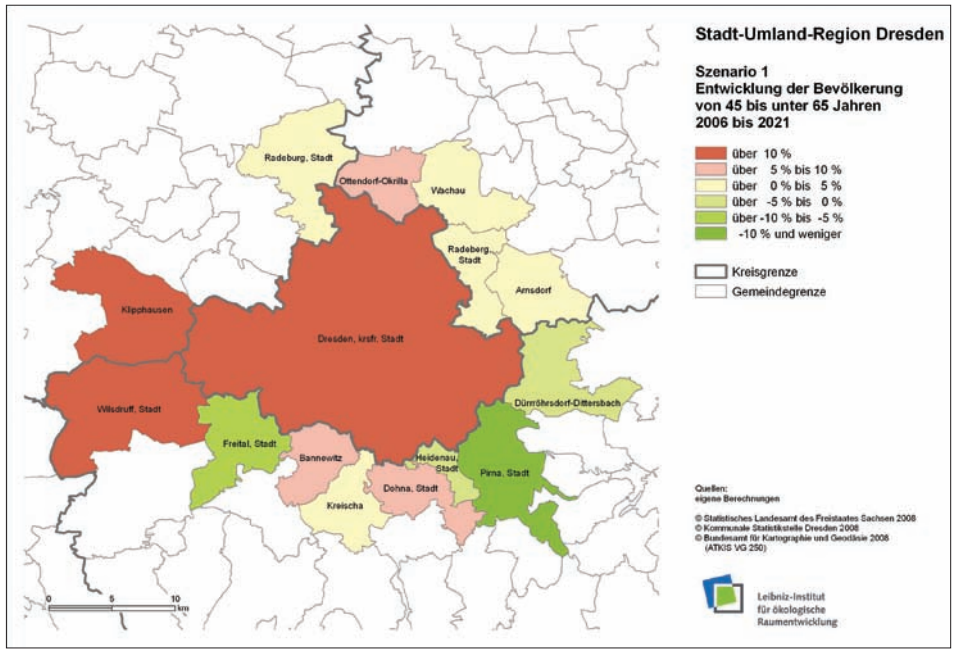


Abb. 5: Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung der 45- bis 65-Jährigen in der Stadt-Umland-Region Dresden im Zeitraum 2006 bis 2021, Szenario 1 (Quelle: Eichhorn 2008, 24)

5.2 Prognostizierte Haushaltsentwicklung

In einem weiteren Schritt zur Abschätzung des zukünftigen Wohnungsbedarfs kann die Entwicklung der Privathaushalte prognostiziert werden. Die methodische Grundlage dieses Prognosemoduls bildet ein im IÖR entwickelter statistischer Ansatz auf der Basis der kommunalen Bevölkerungs- und Altersstrukturentwicklung. Hinzu kommen Szenarienannahmen zum zukünftigen Haushaltsbildungsverhalten der einzelnen altersklassenspezifischen Bevölkerungsgruppen. Aufbauend auf der Prognose der Gesamtzahl der Haushalte ist eine Differenzierung nach drei Haushaltstypen möglich. Diese sind so gewählt, dass sie als Basis zur Darstellung wichtiger Nachfragegruppen dienen und einen einfachen Lebensphasenansatz der Haushalte nachbilden:

- Haushaltstyp „Jüngere Ein- und Zwei-Personen-Haushalte“
- Haushaltstyp „Haushalte mit drei und mehr Personen“
- Haushaltstyp „Ältere Ein- und Zwei-Personen-Haushalte“

Am Beispiel einer Haushaltsprognose für die Stadt Reutlingen, die im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg erstellt wurde, ist erkennbar, dass auch bei einem kontinuierlichen Anstieg der Zahl der Privathaushalte in Reutlingen die Entwicklung der einzelnen Haushaltstypen diskontinuierlich und gegensätzlich verlaufen kann (Abb. 6). Während die Zahl der „Älteren Ein- und Zwei-Personen-Haushalte“ durch eine relativ starke Dynamik geprägt sein wird, ist in den beiden anderen Haushaltstypen zunächst mit einem Anstieg und später wieder mit einem Rückgang der Zahl der Haushalte zu rechnen. Die Zahl der „Jüngeren Ein- und Zwei-Personen-Haushalte“ dürfte dann zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal ansteigen.

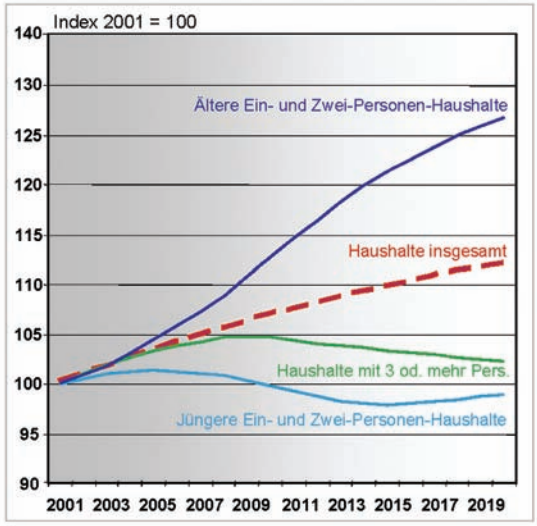


Abb. 6: Prognostizierte Haushaltsentwicklung für die Stadt Reutlingen nach Haushaltstypen für den Zeitraum 2001 bis 2020 (Quelle: Schöfl et al. 2005, 7; Datenbasis: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg)

5.3 Prognostizierte Nachfrageentwicklung

Werden neben der Prognose der Haushaltstypen noch weitere Informationen zur zukünftigen Nachfrageentwicklung benötigt, so sind darüber hinaus Differenzierungen nach auszuwählenden Wohnungsteilmärkten möglich. Dafür muss jedoch zuerst der Wohnungsbestand nach verschiedenen Gebäudetypen differenziert werden, mit deren Hilfe die einzelnen Wohnungsteilmärkte beschrieben werden können. Für eine teilmarktbezogene Nachfrageprognose ist dann eine Analyse zu den in den einzelnen Teilmärkten wohnenden Haushalten bzw. Haushaltstypen erforderlich.

Am Beispiel einer Wohnungsnachfrageprognose für die Stadt Dresden werden ausgewählte Ergebnisse der IÖR-Forschung zur Wohnungsnachfrageentwicklung für sieben Wohnungsteilmärkte gezeigt. Diesen liegt eine Differenzierung des Wohnungs- und Gebäudebestandes nach der Gebäude- und Wohngebietsgröße, dem Baujahr des Gebäudes sowie der Einschätzung der Wohnlage zu Grunde. Von den sieben gebildeten Wohnungsteilmärkten bezieht sich ein Typ auf die Ein- und Zweifamilienhausbebauung und 6 Typen beschreiben qualitative Differenzierungen der Mehrfamilienhausbebauung:

TM 1: Ein- und Zweifamilienhausbebauung

TM 2: Mehrfamilienhausbebauung der Baujahre bis 1945 und ab 1991 in guter Wohnlage

TM 3: Mehrfamilienhausbebauung der Baujahre bis 1945 und ab 1991 in mittlerer Wohnlage

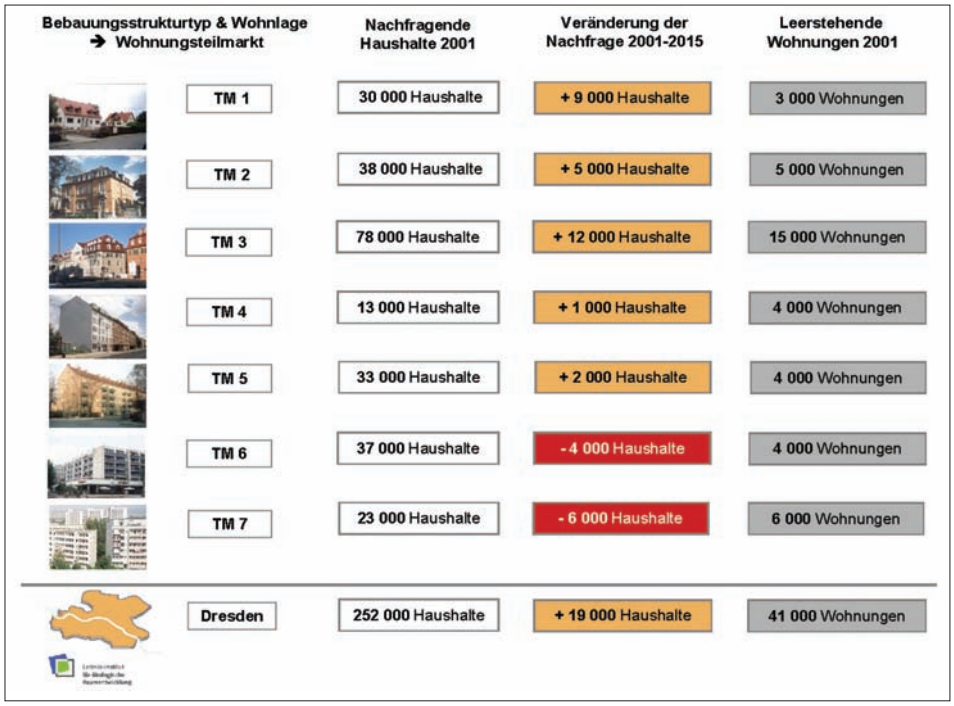
TM 4: Mehrfamilienhausbebauung der Baujahre bis 1945 und ab 1991 in einfacher Wohnlage

TM 5: Mehrfamilienhausbebauung der Baujahre 1946 bis 1969

TM 6: Mehrfamilienhausbebauung der Baujahre 1970 bis 1990 (Wohngebiete mit höchstens 3 000 Wohnungen)

TM 7: Mehrfamilienhausbebauung der Baujahre 1970 bis 1990 (Wohngebiete mit mehr als 3 000 Wohnungen)

Die Haushaltsanalyse für Dresden zeigte, dass im Basisjahr der Prognose in den einzelnen Teilmärkten bis auf die Teilmärkte 3 und 4 nahezu gleich viele Haushalte wohnten (Abb. 7 „Nachfragende Haushalte 2001“). Die unter „Veränderung der Nachfrage 2001 bis 2015“ angegebenen Haushaltszahlen sind die Ergebnisse der Nachfrageprognose, die sich als Summe der erwarteten Veränderungen der Wohnwünsche der Haushaltstypen in Kombination mit der Veränderung der Zahl der Haushalte in jedem Typ ergeben. Die Basis hierfür bildet eine differenzierte Umzugsanalyse der Dresdner Einwohner in verschiedenen Altersklassen.



Bebauungsstrukturtyp & Wohnlage ➔ Wohnungsteilmarkt	Nachfragende Haushalte 2001	Veränderung der Nachfrage 2001-2015	Leerstehende Wohnungen 2001
TM 1	30 000 Haushalte	+ 9 000 Haushalte	3 000 Wohnungen
TM 2	38 000 Haushalte	+ 5 000 Haushalte	5 000 Wohnungen
TM 3	78 000 Haushalte	+ 12 000 Haushalte	15 000 Wohnungen
TM 4	13 000 Haushalte	+ 1 000 Haushalte	4 000 Wohnungen
TM 5	33 000 Haushalte	+ 2 000 Haushalte	4 000 Wohnungen
TM 6	37 000 Haushalte	- 4 000 Haushalte	4 000 Wohnungen
TM 7	23 000 Haushalte	- 6 000 Haushalte	6 000 Wohnungen
Dresden	252 000 Haushalte	+ 19 000 Haushalte	41 000 Wohnungen

Abb. 7: Prognostizierte Entwicklung der Wohnungsnachfrage in Dresden nach Wohnungsteilmärkten für den Zeitraum 2001 bis 2015, Szenario „Gebremster Neubau von Mehrfamilienhäusern" (Quelle: Iwanow 2008, 164)

Für die Stadt Dresden wurde insgesamt ein Haushaltszuwachs von 19 000 Haushalten prognostiziert. Aus Abbildung 7 lässt sich weiterhin erkennen, dass nicht alle Teilmärkte gleichermaßen von der Haushaltsentwicklung profitieren werden. In den Plattenbaugebieten (Teilmärkte 6 und 7) dürfte es trotz Haushaltszuwächsen zu einer rückläufigen Nachfrage bzw. ohne Wohnungsabrisse zu wachsenden Wohnungsleerständen kommen, sofern nicht haushaltsökonomische Restriktionen oder geändertes Wohnverhalten zu anderen Wohnpräferenzen führen. Aus der Gegenüberstellung der prognostizierten Nachfrageentwicklung in den Teilmärkten 1 bis 5 zur angegebenen Zahl leerstehender Wohnungen im Basisjahr der Prognose können Einschätzungen zur zukünftigen Wohnungsmarktlage in den einzelnen Teilmärkten gewonnen werden.

Die Gliederung nach den sieben Wohnungsteilmärkten wurde speziell für Dresden erarbeitet, kann aber ggf. auch auf andere Städte übertragen werden. Sinnvoller ist jedoch ein genauer Zuschnitt der Teilmärkte auf die Größe und spezifische Wohnungsmarktsituation der Kommune. Basis für eigene Prognosen kann das Internet-Rechenprogramm „Kommunale Wohnungsnachfrageprognose" sein. Es steht allen Interessenten unter der Adresse www.ioer.de/wohnprog kostenlos zur Verfügung. Besonders interessant sind Wohnungsnachfrageprognosen, die im Rahmen des Wettbewerbs Stadtumbau

Ost bzw. des Pilotprogramms Stadtumbau West erarbeitet wurden. Das Planungsbüro Bachtler, Böhme und Partner (2005, 7 ff.) aus Kaiserslautern erarbeitete z. B. eine differenzierte Nachfrageschätzung mit dem Internet-Rechenprogramm „Kommunale Wohnungsnachfrageprognose“ des IÖR für die Pilotstadt Pirmasens in Rheinland-Pfalz. Auf die Darstellung weiterer Ergebnisse wird hier verzichtet. Diese können bei Interesse im ausführlichen Bericht nachgelesen werden (Bachtler, Böhme und Partner 2005).

5.4 Wohnungsmarktprognosen

Gegenüber den im vorhergehenden Kapitel dargestellten möglichen Ergebnissen zur Einschätzung der zukünftigen Wohnungsnachfrageentwicklung erhöht sich der Erkenntnisgewinn bzgl. der zu erwartenden Wohnungsneubau- und Wohnungsleerstandsentwicklungen deutlich, wenn zusätzlich zur Nachfrageentwicklung auch die Angebots- und Marktentwicklung in die Berechnungen integriert werden. Ähnlich wie bei der Wohnungsnachfrage wird auch auf der Angebotsseite der gesamte Wohnungsbestand einbezogen. Für die Prognose ist dieser um die zu erwartenden Wohnungszu- und -abgänge sowie die Entwicklung der Ferien- und Freizeitwohnungen ergänzt. Über eine teilmarktbezogene Marktsimulation erfolgt dann der Abgleich zwischen Nachfrage- und Angebotsentwicklung sowie daraus folgend die Ableitung der zukünftigen Bautätigkeit und der Wohnungsleerstandsentwicklung. An zwei ausgewählten Ergebnisbeispielen aus Forschungsaufträgen des IÖR für die Kreditinstitute in Baden-Württemberg und das Ministerium in Brandenburg sollen ausgewählte Ergebnisse dargestellt werden.

5.4.1 Prognose des Nachfragepotenzials nach Wohnungsneubau

Die Prognose des zukünftigen Nachfragepotenzials nach Wohnungsneubau für Baden-Württemberg im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft der Baden-Württembergischen Bausparkassen basiert auf einer Prognose der Wohnungsnachfrageentwicklung für die Städte und Gemeinden bzw. bei Gemeinden mit weniger als 5 000 Einwohnern, ähnlichen demographischen Rahmenbedingungen und gleichzeitiger räumlicher Nähe für Gemeindecluster. Dabei baut die Nachfrageprognose auf der im IÖR erarbeiteten kommunalen Haushaltsprognose auf. Diese wiederum basiert auf der kleinräumigen Bevölkerungsprognose des Statistischen Landesamtes (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2008).

Im Gegensatz zu den Nachfrageprognosen für einzelne Kommunen, wie sie in Kapitel 5.3 vorgestellt wurden, müssen bei landesweiten Nachfrageprognosen auf kommunaler Ebene einheitliche Kriterien für die zu bildenden Wohnungsteilmärkte herangezogen werden. In die berücksichtigte Nachfragedifferenzierung für jede der drei Haushaltstypen sind die folgenden Wohnwünsche einbezogen worden:

- Neu gebautes Eigenheim
- Eigenheimerwerb als Gebrauchtimmobilie
- Neu gebaute Eigentumswohnung
- Erwerb einer Eigentumswohnung im Wohnungsbestand
- Mietwohnung im Mehrfamilienhaus
- Mietwohnung im Ein- oder Zweifamilienhaus

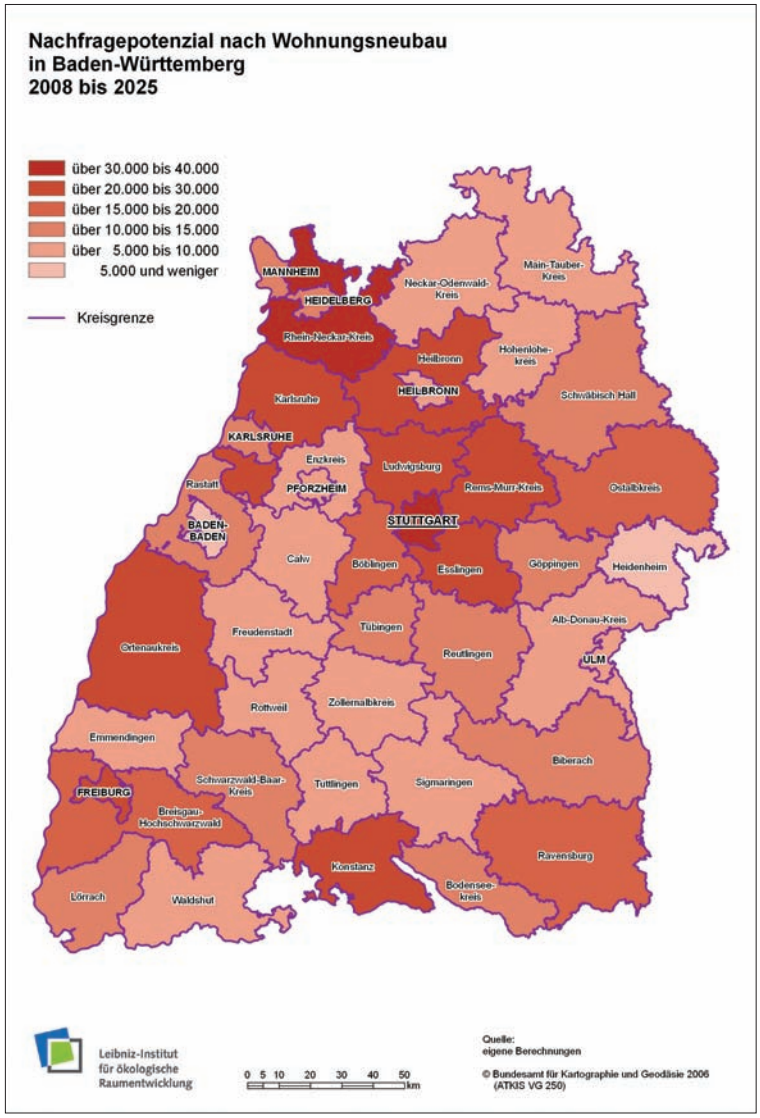


Abb. 8: Prognostiziertes Nachfragepotenzial nach Wohnungsneubau für die Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs im Zeitraum 2008 bis 2025 (Quelle: Eichhorn et al. 2009, 73)

Der Prognose des Nachfragepotenzials nach Wohnungsneubau (Abb. 8) liegt für die beiden Wohnungsteilmärkte Ein- und Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser eine Marktsimulation zugrunde. Dafür wurde zusätzlich eine Vorausschätzung der Entwicklung der Wohnungsangebote einschließlich der zu erwartenden Wohnungsabgänge und der im entsprechenden Prognosezeitraum zu erwartenden neu gebauten Wohnungen erarbeitet. Der Marktabgleich erfolgte dabei auf der Ebene der Stadt- und Landkreise, so dass passende Wohnungsangebote benachbarter Kommunen einbezogen werden konnten.

Aus der im einzelnen Wohnungsteilmarkt im Wohnungsbestand nicht zu deckenden Nachfrage leitet sich dann die Prognose des Nachfragepotenzials nach Wohnungsneubau ab. Die Studie des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung e. V. weist für Baden-Württemberg bis 2025 insgesamt ein Nachfragepotenzial von insgesamt 623 500 Wohnungen aus, das sind durchschnittlich rund 37 000 Wohnungen pro Jahr. Mit zunehmendem Zeithorizont gewinnt dabei der Anteil des Wohnungsneubaus als Ersatz für künftige Wohnungsabgänge immer stärker an Bedeutung (Eichhorn et al. 2009, 70 f.).

5.4.2 Abschätzungen der Wohnungsleerstandsentwicklung

In der Wohnungsprognose für das Land Brandenburg im Auftrag des Brandenburgischen Ministeriums für Infrastruktur und Raumordnung stand eine Abschätzung der zukünftig zu erwartenden Leerstandsentwicklung im Vordergrund des Prognoseinteresses des Auftraggebers. Aus der Studie des IÖR sollten regionalisierte Informationen zu den notwendigen Rückbaupotenzialen im Land Brandenburg abgeleitet werden. Auch hier wurden zunächst aufbauend auf der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg die zukünftigen Haushalts-, Nachfrage- sowie die Angebotsentwicklungen abgeschätzt, ebenso das Nachfragepotenzial nach Wohnungsneubau. Die regionale Gliederung des Landes bezieht 14 Teilräume ein. Somit liegen Prognosen für die vier kreisfreien Städte Brandenburgs und für eine Differenzierung der fünf Brandenburgischen Raumordnungsregionen entsprechend ihrer Verflechtung mit Berlin in jeweils zwei Teilräumen: den inneren Verflechtungsraum und den äußeren Entwicklungsraum (ohne die kreisfreien Städte) vor (Oertel et al. 2008, 4 f.).

Die Ergebnisse der Marktsimulation zwischen Nachfrage- und Angebotsentwicklung in den einzelnen Teilmärkten enthalten vor allem zwei Kernaussagen: die Prognosen des Nachfragepotenzials nach Wohnungsneubau und die Abschätzungen der zu erwartenden Leerstandsentwicklungen in den einzelnen regionalen und sektoralen Wohnungsteilmärkten. Aussagen zur zukünftigen Wohnungsleerstandsentwicklung sind grundsätzlich einfach, weil Informationen zur Leerstandssituation schon im Ex-Post-Zeitraum auf statistischen Schätzungen beruhen, so dass an die ermittelten zukünftigen Leerstandsentwicklungen realistische Erwartungen gestellt werden sollten.

Als ein Ergebnisbeispiel wurde die erwartete Leerstandsentwicklung im Teilmarkt Mehrfamilienhäuser im Szenario „Bestandspräferenz mit geringer Leerstandsentwicklung" ausgewählt. Vor allem im Umland von Berlin ist zukünftig mit einer Verringerung der Leerstandsquote infolge weiterer Stadt-Umland-Wanderungen zu rechnen. Anders sieht es im nördlichen, nordwestlichen bis südöstlichen äußeren Entwicklungsraum aus. Dort ist voraussichtlich ein weiterer Anstieg der Leerstandsquote zu erwarten. Im Jahr 2005 standen im Land Brandenburg 15,9 % der Wohnungen in Mehrfamilienhäusern leer. Eine zusätzliche regionale Differenzierung weist für den engeren Verflechtungsraum 10,8 % und im Äußeren Entwicklungsraum 18,7 % Leerstand aus. Auch in der Zukunft wird die Entwicklung der Leerstände im Teilmarkt Mehrfamilienhäuser eine höhere Dynamik erreichen (Oertel et al. 2008, 49). Im Teilmarkt Ein- und Zweifamilienhäuser war die landesweite Leerstandsquote mit 7,2 % deutlich geringer.

6 Fazit

Die methodische Grundlage vieler Wohnungsbedarfsprognosen ist heute noch zu ungenau, so dass die Wirkungen unterschiedlicher Triebkräfte für den Wohnungsneubau oft noch zu wenig problemadäquat abgeschätzt werden können. Je nach Zielsetzung der zu prognostizierenden Inhalte und der Auswahl der in das Wohnungsmarktmodell einbezogenen Determinanten können Wohnungsprognosen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Wohnungsbedarfsprognosen haben primär das Ziel, jenen Wohnungsneubau zu prognostizieren, der erforderlich ist, um eine Grundversorgung der Haushalte mit Wohnraum gewährleisten zu können. Hier geht es insgesamt lediglich um ein normatives Konzept der Wohnraumversorgung.

Für Abschätzungen des zukünftigen Wohnbaulandbedarfs interessanter ist jedoch eine Vorausschätzung der Nachfrage nach Wohnungsneubau. Dafür ist es auch wichtig zu wissen, wie sich die zukünftigen Wohnwünsche entwickeln werden und wie viel Fläche für den Bau neuer Eigenheime und für den Neubau von Geschosswohnungen erforderlich sein wird. Bei den aller 10 bis 15 Jahren zu erarbeitenden Aktualisierungen der Flächennutzungspläne helfen deshalb vor allem kleinräumige Wohnungsprognosen weiter. Der Prognoseansatz des IÖR bietet, insbesondere mit seinen Abschätzungen des zukünftigen Nachfragepotenzials nach Wohnungsneubau, gute informatorische Grundlagen für die zukünftigen Wohnbaulandbedarfe einer Kommune bzw. einer Region. Daneben sind mit dem gleichen Ansatz auch Einschätzungen der zu erwartenden regionalen Leerstandsentwicklungen möglich. Entsprechend der Fragestellung der Planungspraxis können unterschiedliche regionale Einheiten gewählt werden. Das Modell der Wohnungsprognosen des IÖR dient so der methodischen Weiterentwicklung regionalisierter Wohnungsmarktmodelle sowie als Instrument für kleinräumige Wohnbaulandabschätzungen.

7 Literatur

Bachtler, Böhme und Partner (2005): Impulsprojekt Wohnen. Stadtumbau West – Pilotprogramm im Rahmen des Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus des BMVBW/BBR, Wohnbaustudie im Auftrag der Stadt Pirmasens. Download unter www.stadtumbauwest.de/exwost/newsletterdaten/2005-09-12_Wohnbaustudie.pdf.

Behring, K.; Börsch-Supan, A.; Goldrian, G. (1988): Wohnungsnachfrageprognose 1995 – Analyse und Prognose der Nachfrage nach Miet- und Eigentümerwohnungen.

Eichhorn, D. (2008): Analysen und Szenarien zur kleinräumigen Bevölkerungsentwicklung in der Stadt-Umland-Region Dresden bis 2021. Studie des IÖR im Auftrag der Landeshauptstadt Dresden, unveröffentlichter Bericht.

Eichhorn, D. et al. (2009): Entwicklung des Nachfragepotenzials nach Wohnungsneubau für Baden-Württemberg bis 2020 und 2025. Studie im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Baden-Württembergischer Bausparkassen.

Höbel, R.; Kühne-Büning, L. (2005): Instrumente zur Prognose der Wohnungsmarktentwicklung. In: Kühne-Büning, L.; Nordalm, V.; Steveling, L. (Hrsg.): Grundlagen der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft, S. 212-231.

Iwanow, I. et al. (2006): Regionale Wohnungsmärkte in Baden-Württemberg bis 2015. Mit Ausblick bis 2020. Dresden, IÖR.

Iwanow, I. (Hrsg.) (2008): Struktureller Wandel der Wohnungsnachfrage in schrumpfenden Städten und Regionen.

Koppitz, H.-J.; Schwarting, G. (2005): Der Flächennutzungsplan in der kommunalen Praxis. Grundlagen – Verfahren – Wirkungen.

Oertel, H. et al. (2008): Qualifizierung der Datenbasis für Stadtumbau und Wohnungsmärkte. Studie im Auftrag des Ministeriums für Infrastruktur und Raumordnung des Landes Brandenburg, unveröffentlichter Bericht.

Schöfl, G. et al. (2005): BWPLUS-Pilotstudie zur nachhaltigen Entwicklung von Nachkriegssiedlungen (1945-65) unter besonderer Berücksichtigung von Flächenökonomie und Flächenmanagement, Forschungszentrum Karlsruhe. Unveröffentlichter Projektbericht.

Siedentop, S.; Kausch, S.; Einig, K.; Gössel, J. (2003): Siedlungsstrukturelle Veränderungen im Umland der Agglomerationsräume. Reihe Forschungen Band 114. Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2008): Bevölkerungsvorausberechnung für die Kommunen Baden-Württembergs bis 2025, Sonderauswertung für die regionalisierte Wohnungsprognose Baden-Württemberg des IÖR.

Autorenverzeichnis

Ackermann, Werner
Planungsbüro für angewandten Naturschutz GmbH
Rosenkavalierplatz 10
81925 München
E-Mail: info@pan-gmbh.com

Beckmann, Gisela
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn
E-Mail: gisela.beckmann@bbr.bund.de

Beyeler, Anton
Bundesamt für Statistik
Espace de l'Europe 10
2010 Neuchâtel
Schweiz
E-Mail: anton.beyeler@bfs.admin.ch

Bock, Michael
DLR Raumfahrt-Agentur Bonn-Oberkassel
Königswinterer Str. 522-524
53227 Bonn
E-Mail: michael.bock@dlr.de

Burgdorf, Markus
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn
E-Mail: markus.burgdorf@bbr.bund.de

Dosch, Fabian Dr.
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
Referat I 5 – Verkehr und Umwelt
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn
E-Mail: fabian.dosch@bbr.bund.de

Eggers, Britta
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Weltforstwirtschaft
Leuschnerstr. 91
21031 Hamburg
E-Mail: britta.eggers@vti.bund.de

Esch, Thomas
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Münchner Str. 20
82234 Weßling
thomas.esch@dlr.de

Feigenspan, Stefan
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: II4.2[@uba.de

Frick, Annett Dr.
LUFTBILD UMWELT PLANUNG GmbH
Große Weinmeisterstraße 3a
14469 Potsdam
E-Mail: annett.frick@lup-umwelt.de

Hecht, Robert
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: r.hecht@ioer.de

Herold, Hendrik
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: h.herold@ioer.de

Iwanow, Irene
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: i.iwanow@ioer.de

Kaminger, Ingrid
STATISTIK AUSTRIA
Bundesanstalt Statistik Österreich
Guglgasse 13
1110 Wien
Österreich
E-Mail: ingrid.kaminger@statistik.gv.at

Keil, Manfred Dr.
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Münchner Straße 20
82234 Weßling
E-Mail: manfred.keil@dlr.de

Köhler, Raul
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Weltforstwirtschaft
Leuschnerstr. 91
21031 Hamburg
E-Mail: raul.koehler@vti.bund.de

Krüger, Tobias Dr.
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: t.krueger@ioer.de

Meinel, Gotthard Dr.
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: g.meinel@ioer.de

Metz, Annekatrin
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Münchner Str. 20
82234 Weßling
E-Mail: AnneKatrin.metz@dlr.de

Neukampf, Ralf
Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
Stahnsdorfer Damm 81
14532 Kleinmachnow
E-Mail: Ralf.Neukampf@jki.bund.de

Nieland, Simon
DELPHI-IMM GmbH
Friedrich-Ebert-Str. 8
14467 Potsdam

Oehmichen, Katja
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Waldökologie und Inventuren
Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde
E-Mail: katja.oehmichen@vti.bund.de

Schauer, Jürgen
Amt für Bodenmanagement Heppenheim,
Europaplatz 5
64293 Darmstadt
E-Mail: juergen.schauer@hvbg.hessen.de

Schumacher, Ulrich
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: u.schumacher@ioer.de

Schweppe-Kraft, Burkhard
Bundesamt für Naturschutz
Konstantinstr. 110
53179 Bonn
E-Mail: burkhard.schweppe-kraft@bfn.de

Siedentop, Stefan Prof. Dr.
Universität Stuttgart
Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung
Pfaffenwaldring 7
70569 Stuttgart
E-Mail: stefan.siedentop@ireus.uni-stuttgart.de

Tervooren, Steffen
Stadtverwaltung Potsdam
Friedrich-Ebert-Straße 79/81
14469 Potsdam
E-Mail: steffen.tervooren@rathaus.potsdam.de

Tinz, Marek
Infoterra GmbH
Claude-Dornier-Straße
88090 Immenstaad
E-Mail: marek.tinz@infoterra-global.com

Walz, Ulrich Dr.
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: u.walz@ioer.de

Wolfram, Marc Dr.
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
E-Mail: m.wolfram@ioer.de

IÖR Schriften

Herausgegeben vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.

51 Georg Schiller
Kostenbewertung der Anpassung zentraler Abwasserentsorgungssysteme bei Bevölkerungsrückgang
Dresden 2010 (45,80 EUR, Rhombos-Verlag Berlin)

50 Stefanie Rößler
Freiräume in schrumpfenden Städten – Chancen und Grenzen der Freiraumplanung im Stadtumbau
Dresden 2010 (42,50 EUR, Rhombos-Verlag Berlin)

49 Christiane Westphal
Dichte und Schrumpfung – Kriterien zur Bestimmung angemessener Dichten in Wohnquartieren schrumpfender Städte aus Sicht der stadttechnischen Infrastruktur
Dresden 2008 (19,90 EUR)

48 Robert Knippschild
Grenzüberschreitende Kooperation: Gestaltung und Management von Kooperationsprozessen in der Raumentwicklung im deutsch-polnisch-tschechischen Grenzraum
Dresden 2008 (16,- EUR)

47 Günter Arlt, Jörg Hennersdorf, Iris Lehmann, Nguyen Xuan Thinh
Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Grünflächen und Grünvolumen
Dresden 2005 (11,- EUR)

46 Thorsten Wiechmann, Peter Wirth (Hrsg.)
Ökologischer Umbau in Städten und Regionen
Dresden 2005 (9,- EUR)

45 Thorsten Wiechmann, Sabine v. Löwis, Johann Kaether (Hrsg.)
Das Modellvorhaben „Regionen der Zukunft“Erfahrungen und Schlussfolgerungen für eine nachhaltige Regionalentwicklung in Deutschland
Dresden 2004 (12,- EUR)

44 Robert Knippschild, Jana Liebe
Umweltorientiertes Regionalmanagement in Grenzräumen
Dresden 2004 (10,- EUR)

43 Ulrich Walz, Gerd Lutze, Alfred Schultz, Ralf-Uwe Syrbe (Hrsg.)
Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung – Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen
Dresden 2004 (16,- EUR)

42 Jana Bovet
Sanierung und Entwicklung als raumordnerische Aufgabe – § 7 Abs. 2 Nr. 2c ROG –
Dresden 2003 (10,- EUR)

Bestellung von Publikationen:

IÖR Schriften bis Band 49
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V., Weberplatz 1, 01217 Dresden
Sieglinde Sauer, E-Mail: s.sauer@ioer.de

IÖR Schriften ab Band 50
Rhombos-Verlag Berlin, Fachverlag für Forschung, Wissenschaft und Politik www.rhombos.de bzw. über den Buchhandel

Die Themen Flächennutzungsentwicklung und Flächennutzungsmonitoring gewinnen für die Raumplanung und den Umweltschutz angesichts zunehmender Flächenkonkurrenzen und ambitionierter Flächensparziele immer größere Bedeutung.

So ist inzwischen eine intensive Fachdiskussion in Gang gekommen, wie die Flächeninanspruchnahme von Siedlung und Verkehr am besten gemessen werden kann, welche Nutzungsarten sinnvollerweise dazu gezählt werden sollten und wie verlässlich die Zahlen der amtlichen Flächenstatistik sind. Auch wird darüber diskutiert, wie qualitative Aspekte der Flächennutzungsentwicklung beschrieben werden können, welche Rolle neue hochauflösende topographische Geobasisdaten dabei spielen und wie entsprechende Analyseergebnisse übersichtlich und leicht verständlich visualisiert werden können.

Vorliegender Band vereint aktuelle Beiträge aus Wissenschaft und Praxis zu diesen Fragen. Es werden Antworten gegeben zu Fragen nach der Flächennutzungsstruktur und zu Trends der Flächennutzungsentwicklung in Deutschland, zu Flächenerhebungsprogrammen, zu topographischen Datengrundlagen und Regionalstatistik, zur indikatorenbasierten Beschreibung ausgewählter Aspekte der Flächennutzungsstruktur, zur Prognose der Bevölkerungs-, Haushalts- und Wohnungsentwicklung sowie zur kartographischen Visualisierung der Ergebnisse.

In diesem Band sind die Beiträge des 2. Dresdner Flächennutzungssymposiums (*www.ioer-monitor.de/flaechennutzungssymposium*) erstmals in ausführlicher Textfassung vereint. Damit wird eine Serie von Veröffentlichungen zu dieser Thematik fortgesetzt, die mit dem Band „Flächennutzungsmonitoring. Konzepte – Indikatoren – Statistik“ (Shaker Verlag, Aachen, ISBN 978-3-8322-8740-5) im Jahr 2009 begann.

RHOMBOS

ISBN 978-3-941216-47-1