

## Flächennutzungsmonitoring [I]: Konzepte - Indikatoren - Statistik

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

Veröffentlichungsversion / Published Version

Konferenzband / conference proceedings

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Meinel, G., & Schumacher, U. (Hrsg.). (2009). *Flächennutzungsmonitoring [I]: Konzepte - Indikatoren - Statistik*. Aachen: Shaker. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-417678>

### Nutzungsbedingungen:

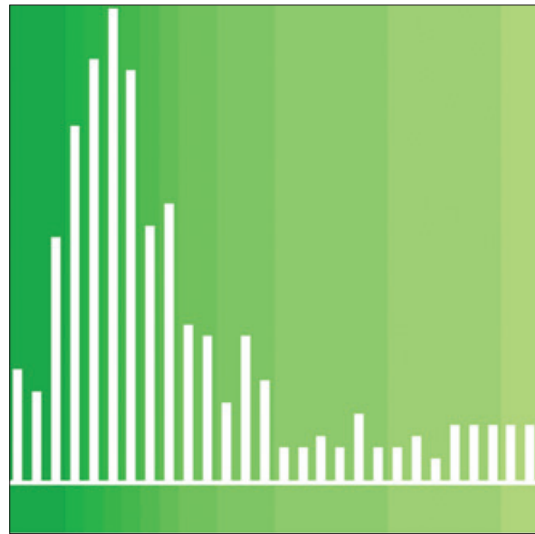
Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen 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.



Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher (Hrsg.)

# Flächennutzungsmonitoring

Konzepte – Indikatoren – Statistik



Leibniz-Institut  
für ökologische  
Raumentwicklung

**SHAKER  
VERLAG**

**Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher (Hrsg.)**

# **Flächennutzungsmonitoring**

Konzepte – Indikatoren – Statistik

Shaker Verlag  
Aachen 2009

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

Titelseite:

Bildnachweis: 1. IÖR-Archiv; 2. Kay Tilgner

Graphik: Jochen Förster (IÖR-Monitor)

Geoinformationen (Kartenausschnitt): © GeoBasis-DE/BKG 2009

Layoutentwurf: Ulrich Schumacher

Satz/DTP: Natalija Leutert

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8740-5

ISSN 1618-1034

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 9596 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Vorwort

Der sorgsame Umgang mit dem begrenzten Gut „Fläche“ ist elementare Anforderung einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Dafür muss der bestehende Siedlungsraum effizient genutzt und der Freiraum wirksam geschützt werden. Die anhaltend hohe Inanspruchnahme von Flächen für Siedlungszwecke ist allerdings besorgniserregend in Deutschland und entspricht nicht umweltpolitischen Zielvorstellungen, wie sie in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung angestrebt werden. Danach wird das Ziel verfolgt, die Inanspruchnahme von Flächen für Siedlung und Verkehr bis 2020 auf 30 ha pro Tag für die Fläche Deutschlands zu begrenzen sowie die zunehmende Bodenversiegelung und Landschaftszerschneidung einzudämmen.

Grundlage für die Bewertung der Flächenentwicklung ist die amtliche Flächenstatistik, die Stand und Entwicklung der Flächennutzung wiedergibt. Der dort gemessene Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil bzw. die tägliche Inanspruchnahme an Siedlungs- und Verkehrsfläche wird für die politische Problem- und Zieldefinition, wie auch zur Evaluation der Zielerreichung eingesetzt. Diese aus der Statistik abgeleiteten Indikatoren beschreiben die komplexen Phänomene der Siedlungs- und Freiraumentwicklung nicht hinreichend. Sie sind durch ein wissenschaftlich fundiertes Indikatorensystem zu ergänzen, damit auch siedlungspolitischen Forderungen, wie das Bauen im Bestand, ein stärkeres Flächenrecycling und eine höhere Flächenproduktivität, kleinräumig regelmäßig bilanziert werden können.

Vor diesem Hintergrund wurden auf einem Expertenworkshop zum Thema Flächennutzungsmonitoring am 22. Januar 2009 im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung Grundlagen, Anforderungen, Indikatoren und neue Konzepte eines Flächennutzungsmonitoring vorgestellt und diskutiert. Alle Expertenbeiträge aus dem Statistischen Bundesamt, von anderen Bundes- und Forschungseinrichtungen werden in diesem Buch vorgestellt.

In dem Beitrag „Die amtliche Flächenstatistik – Grundlage, Methode, Zukunft“ werden detaillierte Hintergrundinformationen zur Flächenstatistik einschließlich bestehender Probleme bei der Aufzeichnung von Zeitreihen gegeben. Im Beitrag „Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: Ansatz der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder“ wird eine Methodik zur Ermittlung der Bodenversiegelung auf Grundlage der Flächenerhebung

nach Art der tatsächlichen Nutzung vorgestellt. Der Beitrag „ATKIS, ALK(IS), Orthobild – Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings“ wagt nach Informationen zu bestehenden und potenziellen Datengrundlagen einen Vergleich ihrer Eignung für ein Monitoring der Flächennutzungsentwicklung. Der Beitrag „Umweltindikatoren: Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr sowie weitere relevante Indikatoren zum Zustand von Flächen und Böden“ stellt wichtige Indikatoren für ein Flächenmonitoring von Siedlung und Freiraum aus Sicht des Umweltbundesamtes zusammen und bewertet deren Bedeutung. Die besonderen Spezifika der Flächennutzungsentwicklung, differenziert für Siedlung- und Freiraum, thematisieren die nachfolgenden Beiträge „Nachhaltig-umweltgerechte Siedlungsentwicklung – Schlüsselindikatoren der Flächennutzung im Ländervergleich“, und „Indikatorenbasierte Bewertung der Freiraumentwicklung“.

Welche neue Informationsfülle die Kombination kleinteiliger Geometrie- mit Statistikdaten bietet, zeigt der Beitrag „Flächenstatistik und Datengrundlagen nach regionalstatistischen Rastereinheiten in Österreich“. Der abschließende Text „Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung auf Grundlage von Geobasisdaten“ formuliert Zielvorstellungen und erste technische Umsetzungen eines Monitors der Flächennutzung, wie er im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung im Aufbau ist.

Allen Autoren des Buches gebührt der herzliche Dank, sich der Mühe der schriftlichen Darlegung ihrer Vorträge unterzogen zu haben. Die Autoren und Herausgeber hegen die Hoffnung, dass diese Textsammlung für den Leser umfangreiche Detailinformationen und Anregungen zur Thematik Flächennutzungserhebung und indikatorenbasierte Beschreibung der Flächennutzungsentwicklung bereithält.

Dresden 2009

Gotthard Meinel

# Inhaltsverzeichnis

## **Amtliche Flächenstatistik und Datengrundlagen**

Die amtliche Flächenstatistik – Grundlage, Methode, Zukunft  
*Michael Deggau* 3

Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: Ansatz der  
Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder  
*Britta Frie, Ralph Hensel* 17

ATKIS, ALK(IS), Orthobild – Vergleich von Datengrundlagen eines  
Flächenmonitorings  
*Ulrich Schumacher, Dr. Gotthard Meinel* 47

## **Indikatoren**

Umweltindikatoren: Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungen  
und Verkehr sowie weitere relevante Indikatoren zum Zustand  
von Flächen und Böden  
*Gertrude Penn-Bressel* 71

Nachhaltig-umweltgerechte Siedlungsentwicklung –  
Schlüsselindikatoren der Flächennutzung im Ländervergleich  
*Prof. Dr. Stefan Siedentop* 105

Indikatorenbasierte Bewertung der Freiraumentwicklung  
*Dr. Ulrich Walz* 123

## **Regionalstatistik und Flächenmonitoring**

Flächenstatistik und Datengrundlagen nach regionalstatistischen  
Rastereinheiten in Österreich  
*Dr. Erich Wonka* 155

Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung  
auf Grundlage von Geobasisdaten  
*Dr. Gotthard Meinel* 177

**Autorenverzeichnis** 195

# **Amtliche Flächenstatistik und Datengrundlagen**



# Die amtliche Flächenstatistik – Grundlage, Methode, Zukunft

Michael Deggau

## Zusammenfassung

Die Flächenstatistik liefert Basisdaten zum Flächennutzungsmonitoring. Sie stützt sich dabei auf die Daten der amtlichen Liegenschaftskataster der Länder. Die politische Bedeutung, die dem Umgang mit der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Ressource Bodenfläche beigemessen wird, zeigt sich in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ebenso wie in der Tatsache, dass in den letzten Jahren im Bundestag zwei Große Anfragen zum Thema Flächennutzung gestellt wurden. Die vorübergehende Beeinträchtigung der Aussagekraft der statistischen Daten durch die unvermeidbare Umstellung der Erhebungsgrundlage von der Computergestützten Liegenschaftsdokumentation (COLIDO) der ehemaligen DDR zu den Automatisierten Liegenschaftsbüchern (ALB) und die bundesweite Einführung des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS) ändert nichts an der Bewertung: Die amtliche Flächenstatistik ist auf einem zukunftssträchtigen Weg, und mit ALKIS ergeben sich zudem mittelfristig Optionen, die deutlich über das hinausgehen, was die Statistik bisher leisten konnte.

## 1 Einleitung

Die amtliche Flächenstatistik liefert Basisdaten zum Flächennutzungsmonitoring. Die Aussagekraft der Daten ist seit Anfang der 1990er Jahre beeinträchtigt durch Änderungen der Erhebungsgrundlage und -methode. Erfüllt die amtliche Flächenstatistik noch die Erwartungen, die man in sie setzt? Erhebungsgrundlage der Zukunft wird das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) sein, ein Geodatenbestand, der neue Möglichkeiten der Datenanalyse eröffnet.

## 2 Erhebungsgrundlage und -methode

Die rechtliche Grundlage der Flächenerhebung bildet das Agrarstatistikgesetz (AgrStatG), da die landwirtschaftliche Flächennutzung ursprünglich im Mittelpunkt des Nutzerinteresses stand. Die seit 1980 existierende Erhebung ist eine sog. Sekundärstatistik – sie basiert auf den Daten der amtlichen Liegenschaftskataster. Aufwand und Kosten halten sich dadurch zwar in Grenzen, jedoch gilt das Gleiche auch für die Einflussmöglichkeiten der amtlichen Statistik auf die Erhebungsmodalitäten.

Die in den Ländern geführten Automatisierten Liegenschaftsbücher (ALB) enthalten zu jedem Flurstück (katastertechnische Flächenbezeichnung) auch eine Information über dessen Nutzung. Basis für die Zuordnung der Nutzungskategorien ist das AdV-Nutzungsartenverzeichnis (AdV 1991).

Seine hierarchische Gliederung unterscheidet 100er-, 10er- und 1er-Positionen, z. B.:

- 100 Gebäude- und Freifläche,
- 130 Gebäude- und Freifläche Wohnen,
- 133 Reihenhäuser.

Bei der Zuordnung der Nutzungsarten gilt das Dominanzprinzip, soweit untergeordnete Nutzungen einen dienenden Charakter haben. Die Nutzungsart „Bach“ umfasst neben der Wasserfläche auch die Böschung des Wasserlaufs sowie ggf. deren Bepflanzung.

Das Nutzungsartenverzeichnis unterscheidet 230 Nutzungskategorien. Die Klassifikationsmöglichkeiten werden allerdings von den Ländern sehr unterschiedlich genutzt. Kleinster gemeinsamer Nenner sind 17 Nutzungsarten, die bundesweit nachgewiesen werden können (Tab. 1). Sie repräsentieren das sog. Mindestveröffentlichungsprogramm. Lediglich Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz bieten das gesamte Nutzungsartenspektrum an. Dazwischen gibt es noch verschiedene Abstufungen hinsichtlich des Umfangs der angebotenen Daten.

Die statistischen Ämter des Bundes und der Länder erheben die vorgenannten Nutzungsarten alle vier Jahre, zudem seit 2001 jährlich die Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV). Diese setzt sich zusammen aus Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche (ohne Abbaufläche), Erholungsfläche, Friedhof und Verkehrsfläche. Die Erhebung liefert ein Abbild der zum Erhebungsstichtag (31.12.) in den amtlichen Liegenschaftskatastern nachgewiesenen Nutzungskategorien. Erhe-

bungseinheit ist in der Regel die Gemeinde, über deren Flächennutzung ein entsprechender Datensatz Auskunft gibt.

### 3 Erhebungsergebnisse

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der vierjährigen Erhebungen seit 1992 sowie die aktuellsten SuV-Daten aus dem Jahr 2007 (Statistisches Bundesamt 2005 und 2007). In der Kopfspalte der Tabelle finden sich die 17 bundesweit nachweisbaren Nutzungsarten sowie nachrichtlich die SuV. Es fällt auf, dass die „Bodenfläche insgesamt“ stetig zunimmt. Ursache dafür ist insbesondere die Landgewinnung im Küstenbereich des Wattenmeeres.

Tab. 1: Nutzung der Bodenfläche in km<sup>2</sup> (Quelle: Statistisches Bundesamt 2005 und 2007)

Nutzungsart	1992	1996	2000	2004	2007
<b>Gebäude- und Freifläche</b>	<b>20 733</b>	<b>21 937</b>	<b>23 081</b>	<b>23 938</b>	<b>24 294</b>
darunter: Wohnen	.	.	.	11 295	.
Gewerbe, Industrie	.	.	.	3 164	.
<b>Betriebsfläche</b>	<b>2 427</b>	<b>2 514</b>	<b>2 528</b>	<b>2 518</b>	<b>781<sup>*)</sup></b>
darunter: Abbau- und Bergbaufläche	1 878	1 894	1 796	1 764	.
<b>Erholungsfläche</b>	<b>2 255</b>	<b>2 374</b>	<b>2 659</b>	<b>3 131</b>	<b>3 644</b>
darunter: Grünanlage	.	.	.	1 953	.
<b>Verkehrsfläche</b>	<b>16 441</b>	<b>16 786</b>	<b>17 118</b>	<b>17 446</b>	<b>17 715</b>
darunter: Straße, Weg, Platz	14 815	15 005	15 264	15 583	.
<b>Landwirtschaftsfläche</b>	<b>195 112</b>	<b>193 075</b>	<b>191 028</b>	<b>189 324</b>	
darunter: Moor	.	.	.	889	.
Heide	.	.	.	470	.
<b>Waldfläche</b>	<b>104 536</b>	<b>104 908</b>	<b>105 314</b>	<b>106 488</b>	.
<b>Wasserfläche</b>	<b>7 837</b>	<b>7 940</b>	<b>8 085</b>	<b>8 279</b>	.
<b>Flächen anderer Nutzung</b>	<b>7 630</b>	<b>7 497</b>	<b>7 219</b>	<b>5 925</b>	.
darunter: Friedhof	327	335	350	352	355
Unland	2 452	.	2 666	2 702	.
<b>Bodenfläche insgesamt</b>	<b>356 970</b>	<b>357 030</b>	<b>357 031</b>	<b>357 050</b>	<b>357 104</b>
Nachrichtlich: Siedlungs- und Verkehrsfläche	40 305	42 052	43 939	45 621	46 789

<sup>\*)</sup> Ohne Abbau- und Bergbaufläche

Abbildung 1 illustriert die Anteile der Nutzungsarten an der Bodenfläche (2004) sowie die Entwicklung der Flächennutzung (1992 bis 2004). Die größten Anteile nehmen Landwirtschaftsfläche (53,0 %), Waldfläche (29,8 %) und SuV (12,8 %) ein. Die Entwicklung der Flächennutzung zeigt eine deutliche SuV-Zunahme (+13,2 %) sowie eine ebenso deutliche Abnahme der Sonstigen Flächen (-20,1 %). Bei Letzteren handelt es sich nicht um eine eigene Nutzungsart im Sinne des AdV-Nutzungsartenverzeichnisses, sondern um eine Rest-Position.

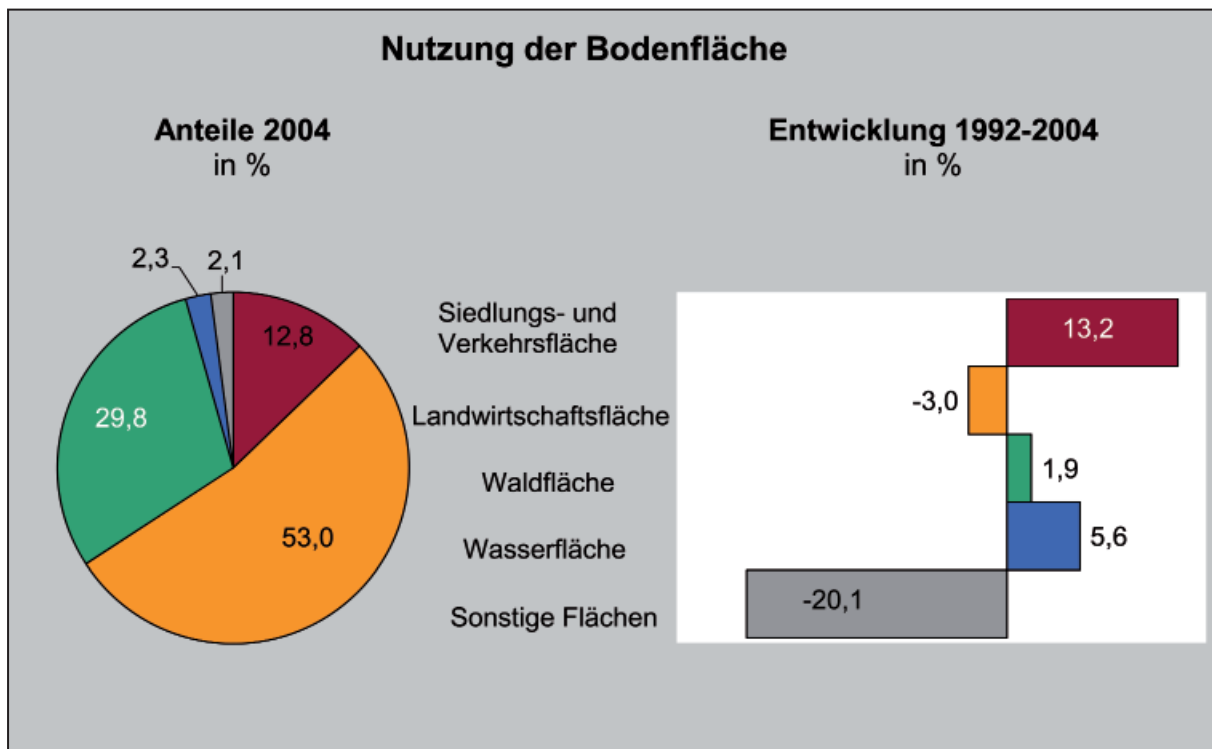


Abb. 1: Nutzung der Bodenfläche (Quelle: Statistisches Bundesamt 2005)

Abbildung 2 dokumentiert noch einmal gesondert die Zusammensetzung der SuV (2007) sowie deren Entwicklung (1992 bis 2007). Die größten Anteile weisen Gebäude- und Freifläche (51,9 %), Verkehrsfläche (37,9 %) und Erholungsfläche (7,8 %) auf. Die SuV-Entwicklung zeichnet sich insbesondere durch eine erhebliche Zunahme der Betriebsfläche<sup>1</sup> (ohne Abbauland) (+42,0 %) und der Erholungsfläche (+61,6 %) aus. Ein Flächenzuwachs dieser Größenordnung hat möglicherweise methodische Ursachen und bedarf deshalb einer näheren Untersuchung.

<sup>1</sup> Unbebaute Flächen, die gewerblich, industriell oder für Zwecke der Ver- und Entsorgung genutzt werden.

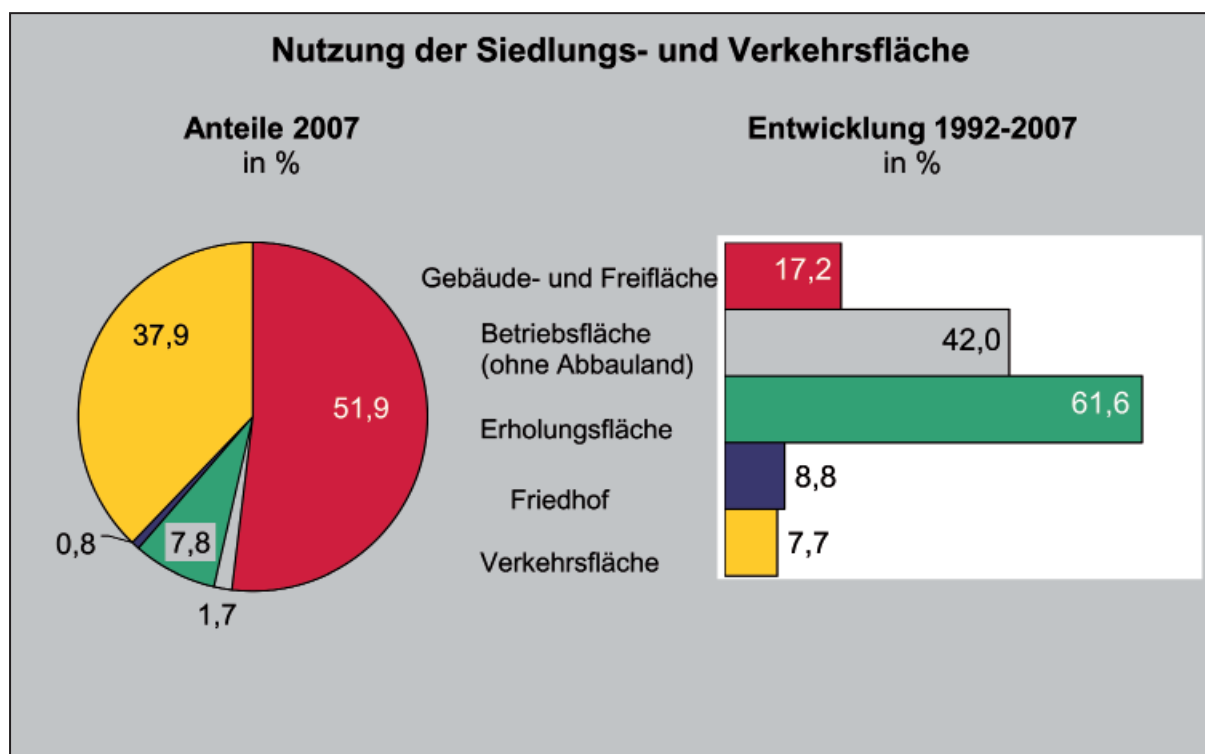


Abb. 2: Nutzung der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Quelle: Statistisches Bundesamt 2007)

## 4 Änderungen der Erhebungsgrundlage und -methode

Die Aussagekraft der Daten zur Flächennutzung ist seit Anfang der 1990er Jahre beeinträchtigt durch Änderungen der Erhebungsgrundlage und -methode. Zum einen musste die Integration der Flächenstatistik der ehemaligen DDR bewältigt werden. Zum anderen wird gegenwärtig mit dem Aufbau von ALKIS eine neue Erhebungsgrundlage eingeführt. Die statistischen Daten sind deshalb teilweise nur eingeschränkt räumlich und zeitlich vergleichbar.

### 4.1 Änderungen der Nutzungsartensystematik

Die derzeit verbindliche Nutzungsartensystematik ist das bereits erwähnte AdV-Nutzungsartenverzeichnis, Basis für die Zuordnung der Nutzungskategorien in den ALB. In der ehemaligen DDR gab es eine davon abweichende Nutzungsartensystematik, die der dortigen Computergestützten Liegenschaftsdokumentation (COLIDO) zugrunde lag. Nach 1989 wurden die Nutzungsarten zunächst automatisiert von einer Systematik in die andere umgeschlüsselt. Automatisierte Umstellungen dieser Art erlauben es jedoch nur selten, Nutzungsarten überschneidungsfrei (hinsichtlich ihrer Definitionen) in eine neue Systematik zu überführen. Erforderlich wären ein sich anschließender flächendeckender Feldvergleich und die manuelle Nachbearbeitung der Umschlüsselungsergebnisse.

Dies ist allerdings in der Regel zu aufwändig, sodass in der Praxis die Nutzungsartenzuweisungen nur schrittweise in Verbindung mit anderen Vermessungsarbeiten korrigiert werden.

Vor diesem Hintergrund muss die oben kritisch konstatierte Entwicklung der Betriebs- und die Erholungsfläche (Abb. 2) gesehen werden. Diese Flächen können tatsächlich oder auch nur vermeintlich zugenommen haben. Letzteres als Folge der Nachbearbeitung der Umschlüsselungsergebnisse durch „Herauslösung“ dieser Flächen aus komplexeren Einheiten, in denen sie bisher nicht differenziert nachgewiesen wurden.<sup>2</sup> Tatsächliche und vermeintliche Entwicklung lassen sich rechnerisch nicht voneinander trennen. Die Aussagekraft der Daten ist damit bis zum Abschluss der Umstellung beeinträchtigt.

Eine weitere Änderung der Nutzungsartensystematik begleitet die gegenwärtige bundesweite Einführung von ALKIS. Sie ist nach umfangreichen ALB-internen Vorarbeiten 2008 angelaufen und soll etwa 2012 abgeschlossen sein. Hintergrund der Systemikumstellung ist das Bestreben, ALKIS- und ATKIS-Nutzungskategorien im Rahmen des sog. AFIS-ALKIS-ATKIS-Modells<sup>3</sup> aneinander anzupassen, um Synergieeffekte zu erzielen. Die Daten der Flächenstatistik stehen den Nutzern bis zum bundesweiten Abschluss der Umstellung noch in der bisherigen Systematik (AdV-Nutzungsartenverzeichnis) zur Verfügung.

Bei ALKIS existieren z. B. die bisherigen „Flächen anderer Nutzung“ (Militärisches Übungsgelände usw.) nicht mehr. Sie werden überführt in die dort im Einzelnen anzutreffenden Nutzungskategorien Wald, Heide, Siedlung u. Ä. Die dadurch bewirkte scheinbare Abnahme der einen und Zunahme der anderen Flächen beeinträchtigt wiederum vorübergehend die statistische Aussage. Die Auflösung der „Flächen anderer Nutzung“ findet bereits innerhalb der ALB statt und gehört zu den Vorarbeiten der Umstellung auf ALKIS. In Abbildung 1 zeigt sich die Wirkung dieser Umschlüsselung in einer deutlichen Abnahme der Sonstigen Flächen.

---

<sup>2</sup> So wurde z. B. das in COLIDO nachgewiesene Abbauland zuerst automatisiert in die entsprechende ALB-Kategorie umgeschlüsselt. Erst später löste man die darin enthaltenen Betriebsflächen heraus, die im ALB eine gesonderte Nutzungskategorie darstellen. Die Flächenstatistik weist so eine Zunahme der Betriebsflächen aus, ohne dass sich an der tatsächlichen Flächennutzung irgendetwas geändert hätte.

<sup>3</sup> AFIS steht für Amtliches Festpunktinformationssystem, ATKIS für Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem, ein Geodatenbestand, der die digitale Führung und Bereitstellung der amtlichen topographischen Kartenwerke erlaubt.

Unabhängig von diesen unvermeidlichen Begleiterscheinungen der Systematikumstellungen treten in einzelnen Ländern besondere Phänomene auf. Betrachtet man z. B. die Anteile der Erholungsfläche an der SuV, so sind die betreffenden Zahlen in einigen Ländern auf den ersten Blick nicht plausibel. So weist Sachsen-Anhalt 2007 mit 22,4 % den höchsten Erholungsflächenanteil aus, fast das Doppelte des in der Rangliste folgenden Flächenstaates und fast das Dreifache des Bundesdurchschnitts von 7,8 %. In solchen Fällen muss untersucht werden, ob es sich um länderspezifische Besonderheiten oder um semantische Probleme bei Nutzungsartendefinitionen oder Zuordnungsregeln handelt.

## 4.2 „Zwischenparken“ von Flächen

Das hier etwas leger ausgedrückte „Zwischenparken“ von Flächen bedeutet: Ihnen wird für eine befristete Zeit pauschal eine andere Nutzungskategorie zugewiesen. Dabei handelt es sich um einen Zwischenschritt bei der Systematikumstellung vor Zuordnung der endgültigen Nutzungsarten. So kann es vorkommen, dass z. B. Militärisches Übungsgelände vorübergehend unter „Gebäude- und Freifläche öffentliche Zwecke“ gebucht wird, wo auch Kasernen zu finden sind. Erst im Nachgang werden die Nutzungskategorien differenzierter zugewiesen.

Bei Flurbereinigungen tritt vereinzelt ein von Systematikumstellungen unabhängiger Sonderfall des vorgenannten Verfahrens auf. Die Katasterbehörden verzichten für die Dauer des Flurbereinigungsverfahrens vollkommen auf einen detaillierten Nutzungsartennachweis und weisen dem gesamten Flurbereinigungsgebiet pauschal eine einzige Nutzungsart<sup>4</sup> zu. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass das Flurbereinigungsverfahren einer Neuordnung der Eigentums- und Nutzungsverhältnisse dient und diese erst mit dem rechtskräftigen Abschluss des Verfahrens wirksam wird. Die sich während der Flurbereinigung ständig wandelnden Nutzungsverhältnisse können im Liegenschaftskataster nicht abgebildet werden.

In beiden Fällen überlagern sich wieder tatsächliche und vermeintliche Änderungen der Flächennutzung. Die statistische Aussage wird vorübergehend gestört. Ganz oder teilweise vermeidbar wäre dies im ersten Fall, wenn die Landesvermessungsverwaltungen auf den Zwischenschritt bei der Systematikumstellung verzichten würden oder eine der endgültigen Nutzungszuordnung

---

<sup>4</sup> Beispielsweise „Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft“.

näherstehende Zwischenzuweisung vornehmen. Für Militärisches Übungsge-  
lände käme hier Waldfläche, Heide o. Ä. infrage. Im zweiten Fall wäre es zu  
bevorzugen, wenn die Katasterbehörden die Nutzungsverhältnisse vor Einlei-  
tung der Flurbereinigung so lange unverändert festschreiben würden, bis nach  
Abschluss des Verfahrens die Neuordnung wirksam wird.

### 4.3 Schlussfolgerungen

Die mit den Änderungen der Nutzungsartensystematik einhergehenden Be-  
einträchtigungen der Aussagekraft der Daten müssen in Kauf genommen wer-  
den. Dies gilt jedoch nicht für besondere Phänomene in einzelnen Ländern,  
sofern sich diese nicht als landestypisch, sondern vermeidbar, erweisen. Das  
geschilderte Zwischenparken von Flächen ist entweder überflüssig oder kann  
durch geeignete Nutzungsartenzuweisungen in seiner Wirkung deutlich abge-  
mildert werden. Grundsätzlich gilt: Die gegenwärtige Fortentwicklung der amt-  
lichen Liegenschaftskataster mit dem Ziel des Aufbaus homogener, umfang-  
reicherer und technisch besser auswertbarer Datenbestände geht einher mit  
vorübergehenden Einschränkungen der Aussagekraft der statistischen Daten.

## 5 Zusammenarbeit mit der AdV

Bei Sekundärstatistiken ist eine gute Zusammenarbeit mit den Datenprodu-  
zenten unabdingbar – hier die Landesvermessungsverwaltungen, repräsentiert  
durch die AdV. An den regelmäßigen Sitzungen der Referentenbesprechung  
„Flächenstatistik“ (Bund-Länder-Gremium) nimmt grundsätzlich ein Vertreter  
der AdV teil. Die amtliche Statistik kann so in begrenztem Umfang Einfluss auf  
die Erhebungsmodalitäten der Basisdaten nehmen, die AdV hält dagegen Kon-  
takt zu den Datennutzern. Sie steht dabei Anregungen aus dem Bereich der  
amtlichen Statistik sehr aufgeschlossen gegenüber. Gemeinsames Ziel ist es,  
den Nutzern der Statistik möglichst aktuelle und bundesweit homogene Infor-  
mationen zu liefern.

Bereits im Vorfeld der Einführung von ALKIS erörterten Vertreter der AdV und  
der amtlichen Statistik in einer Arbeitsgruppe die Modalitäten der Systematikum-  
stellung, um Brüche in den Zeitreihen möglichst zu minimieren. Ergebnis war  
ein Zuordnungsschema für die Umschlüsselung der Nutzungsarten von ALB  
zu ALKIS. Die AdV sagte zu, die Daten zur Flächennutzung bis zur Umstellung  
des letzten Bundeslandes weiterhin in den ALB-Nutzungskategorien zu liefern,  
um einen bundesweit gleichzeitigen Übergang auf die ALKIS-Kategorien zu er-



möglichen. Dies bedeutet zusätzlichen Aufwand für Bundesländer, die bereits vor diesem Zeitpunkt auf ALKIS umgestellt haben. Sie müssen in die bisherige Systematik „zurückrechnen“.

## 6 Zukunftsperspektiven

Der Blick lässt sich mit zwei Fragestellungen in die Zukunft richten: Wie entwickelt sich die SuV, gemessen am Ziel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie? Wie ist die methodische Fortentwicklung der Flächenstatistik zu bewerten? Die zweite Frage zielt darauf, den Blick weg von den unvermeidbaren Auswirkungen der laufenden methodischen Umstellungen in die Zukunft zu lenken.

### 6.1 SuV-Entwicklung

Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ist es, die Inanspruchnahme neuer Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke bis zum Jahr 2020 auf 30 ha pro Tag zu begrenzen (Statistisches Bundesamt 2008, Indikatorenbericht). Abbildung 3 zeigt, dass sich der SuV-Zuwachs in den vergangenen Jahren zwar abgeschwächt hat, ein eindeutiger Trend ist jedoch nicht erkennbar.<sup>5</sup> Eine Fortsetzung der Entwicklung der letzten Jahre reicht nicht aus, um das vorgegebene Ziel zu erreichen.

Der unstete Verlauf der Zeitreihe (durchschnittliche tägliche SuV-Zunahme) lässt auch hier wieder die Auswirkungen der methodischen Umstellungen erkennen. Diese werden bei der Fokussierung des Blicks auf einzelne Jahre besonders deutlich. Deshalb wird jeweils aus der SuV-Entwicklung eines bestimmten Jahres und der drei vorangegangenen Jahre ein gleitender Vierjahresdurchschnitt berechnet und als ausgleichende Kurve dargestellt.

Von Interesse ist in diesem Zusammenhang auch die Entwicklung der SuV-Produktivität (Statistisches Bundesamt 2008, Umweltnutzung und Wirtschaft). Neben Arbeit und Kapital ist auch die SuV ein Einsatzfaktor für die Produktion von Waren und Dienstleistungen. Die SuV-Produktivität ist ein Maß für die Effizienz des Umgangs einer Volkswirtschaft mit der SuV. Definiert ist die SuV-

---

<sup>5</sup> Die Werte für die Jahre 1997 bis 2000 beruhen auf Schätzungen des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung.

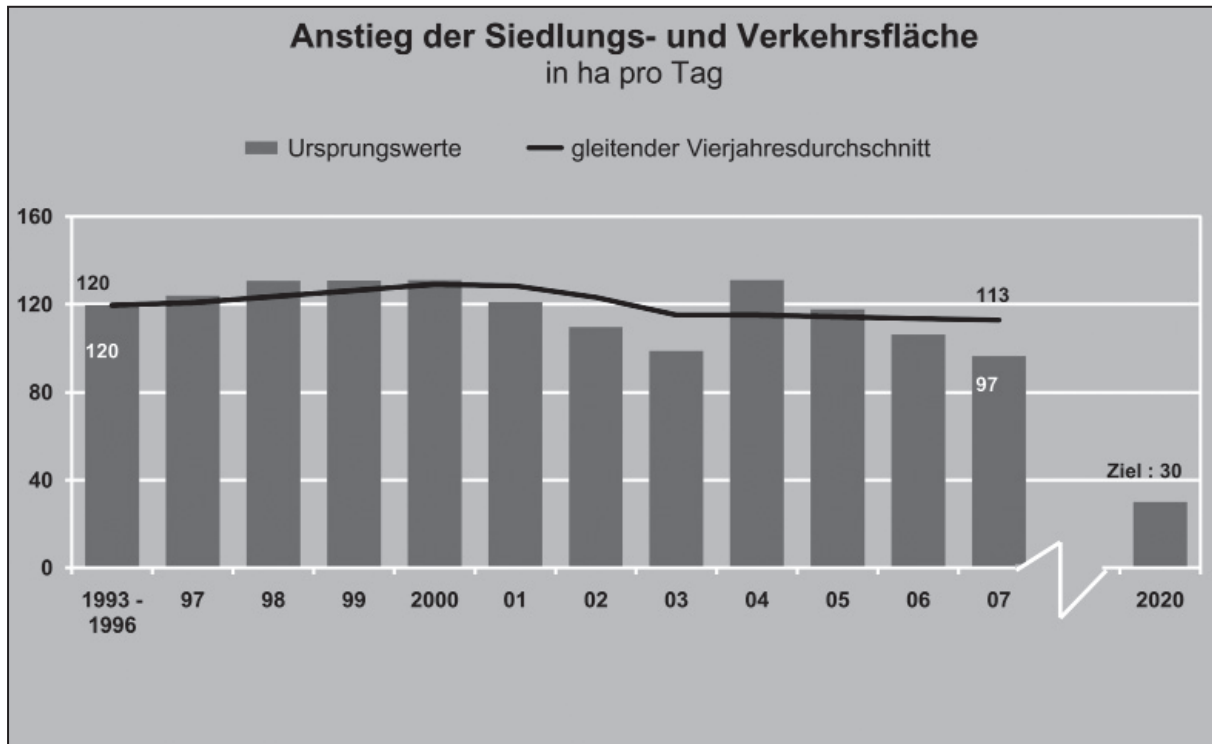


Abb. 3: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in ha pro Tag  
(Quelle: Statistisches Bundesamt: 1993-1996 und ab 2001; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: 1997-2000)

Produktivität als die gesamtwirtschaftliche Leistung (Bruttoinlandsprodukt), die pro km<sup>2</sup> SuV erbracht wird. Im Jahr 2006 betrug sie z. B. 50 Millionen Euro pro km<sup>2</sup>. In den Jahren 1996 bis 2006 erhöhte sich die SuV-Produktivität um durchschnittlich 0,5 % pro Jahr – mit der SuV wurde also effizienter umgegangen. Auch für die Bundesländer können entsprechende Produktivitätsberechnungen angestellt werden (Statistische Ämter der Länder 2008).

Zu berücksichtigen ist allerdings, dass ein effizienterer Umgang mit der SuV ganz allgemein nicht zwingend einem sparsameren Umgang mit der SuV im Einzelnen entspricht. Betrachtet man z. B. die für Produktionsaktivitäten beanspruchte Siedlungsfläche in den letzten beiden Jahrzehnten, so ergibt sich folgendes Bild: Hinter der allgemeinen Effizienzsteigerung steht nicht ein sparsamerer Umgang mit der Siedlungsfläche in den einzelnen Branchen, sondern ein Wandel der Wirtschaftsstruktur hin zu weniger flächenintensiven Produktionsaktivitäten. Zu diesen gehört z. B. der sich ausweitende Dienstleistungssektor. Die Effizienzbetrachtung bei der SuV-Nutzung ist also ein durchaus interessanter Aspekt. Solange jedoch weiterhin ein Spannungsfeld zwischen der SuV-Entwicklung und dem Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie existiert, besteht weiter Handlungsbedarf.

## 6.2 Methodische Fortentwicklung

Die Bedeutung, die der amtlichen Flächenstatistik beigemessen wird, zeigt sich darin, dass die 2001 bereits zusätzlich eingeführte jährliche SuV-Erhebung ab 2009 auf das volle Erhebungsprogramm erweitert wird (Ergebnis einer gerade abgeschlossenen Novellierung des AgrStatG). Bundesweit können dann jährlich die eingangs erwähnten 17 Nutzungsarten nachgewiesen werden.

Mit der Einführung von ALKIS als neue Erhebungsgrundlage der Flächenstatistik wird sich das bundesweite Veröffentlichungsprogramm auf 27 Nutzungsarten erweitern (Übersicht 1). Diese lassen sich aus dem sog. ALKIS-Grunddatenbestand ableiten, auf den sich die AdV verständigt hat. Darüber hinaus bietet auch ALKIS den Ländern die Möglichkeit weiterer Nutzungsartendifferenzierungen.

Übersicht 1: Nutzungskategorien des ALKIS-Grunddatenbestandes<sup>1)</sup>

Nutzungsart	
<b>Siedlung</b>	Wohnbaufläche Industrie- und Gewerbefläche Industrie und Gewerbe*) Halde Bergbaubetrieb Tagebau, Grube, Steinbruch Fläche gemischter Nutzung Fläche besonderer funktionaler Prägung Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche Grünanlage Friedhof
<b>Verkehr</b>	Straßenverkehr Weg Platz Bahnverkehr Flugverkehr Schiffsverkehr
<b>Vegetation</b>	Landwirtschaft Wald Gehölz Heide Moor Sumpf Unland/Vegetationslose Fläche
<b>Gewässer</b>	Fließgewässer Hafenbecken Stehendes Gewässer

<sup>1)</sup> Gemäß AdV-Plenumsbeschluss 113/5 vom 23./24.10.2003.

<sup>\*)</sup> Neben „Industrie und Gewerbe“ gibt es weitere Unterpositionen, wie z. B. „Handel und Dienstleistung“, die nicht Bestandteil des ALKIS-Grunddatenbestandes sind. Das Gleiche gilt für die Unterposition „Grünanlage“.

Da in Geografischen Informationssystemen (GIS) die Daten in verschiedenen Ebenen abgelegt werden können, erlaubt ALKIS eine getrennte Haltung der Flurstücks- und Flächennutzungsdaten. Bei Flurbereinigungsverfahren lassen sich so z. B. die Daten der Flächennutzung schon vor Neuordnung der Eigentumsverhältnisse aktualisieren. Im konkreten Fall kann z. B. eine neue Autobahn schon ins Kataster übernommen werden, selbst wenn die mit dieser Maßnahme verbundene Flurbereinigung vielleicht erst ein Jahr später abgeschlossen wird. Die Umstellung auf ALKIS wirkt sich also positiv auf die Aktualität der Flächenstatistik aus.

Auch die Untersuchung von unplausiblen Erhebungsergebnissen wird mit ALKIS deutlich erleichtert. Macht man sich z. B. Gedanken über den hohen Anteil der Erholungsfläche an der SuV in einigen Ländern, so kann man sich die Verhältnisse am Computer-Bildschirm vor Augen führen und so einer Klärung schneller näherkommen.

Da sich die Flächenstatistik an den Vorgaben des AgrStatG orientiert, wirken sich die neuen Möglichkeiten der Datenanalyse, die der Geodatenbestand ALKIS eröffnet, zwar nicht unmittelbar auf die Flächenerhebung aus. Es ergeben sich hier jedoch mittelfristig interessante Optionen. So lassen sich mit der GIS-Technik Wanderungsanalysen durchführen, also z. B. feststellen, zu lasten welchen vorherigen Nutzungen neue Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke entstanden sind. Genauso können Nachbarschaftsbeziehungen untersucht werden, um daraus Rückschlüsse auf potenzielle Nutzungskonflikte zu ziehen.

## **7 Abschließende Betrachtung**

Die politische Bedeutung, die dem Umgang mit der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Ressource Bodenfläche beigemessen wird, zeigt sich nicht nur in der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, sondern ebenso in der Tatsache, dass im Abstand von nur drei Jahren (2004 und 2007) im Bundestag Große Anfragen zum Thema Flächennutzung gestellt wurden. Die vorübergehende Beeinträchtigung der Aussagekraft der statistischen Daten durch die unvermeidbare Umstellung der Erhebungsgrundlage von COLIDO zu ALB in den neuen Ländern und die bundesweite Einführung von ALKIS ändert nichts an der Bewertung: Die amtliche Flächenstatistik ist auf einem zukunftssträchtigen Weg, und mit ALKIS ergeben sich zudem mittelfristig Optionen, die deutlich über das hinausgehen, was die Statistik bisher leisten konnte.

## Literatur

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

Frie, B.; Hensel, R. (2007): Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: UGRdL-Ansatz in Statistische Analysen und Studien. H. 44, Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen.

Gesetz über Agrarstatistiken (Agrarstatistikgesetz – AgrStatG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. Juli 2006 (BGBl. I S. 1662).

Statistische Ämter der Länder (2008): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder – Fläche und Raum, Analysen und Ergebnisse sowie Grafikteil (zwei Broschüren).

Statistisches Bundesamt (2005): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, Fachserie 3. Reihe 5.1.<sup>6</sup>

Statistisches Bundesamt (2007): Siedlungs- und Verkehrsfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung.<sup>6</sup>

Statistisches Bundesamt (2008): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Indikatorenbericht.<sup>6</sup>

Statistisches Bundesamt (2008): Umweltnutzung und Wirtschaft – Bericht und Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (zwei getrennte Publikationen).<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Die genannten Veröffentlichungen stehen über das Internet zur Verfügung unter [www.destatis.de](http://www.destatis.de), Pfad: Weitere Themen, Umwelt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Publikationen (in der rechten Spalte).

# **Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: Ansatz der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder**

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

Britta Frie, Ralph Hensel

## **Zusammenfassung**

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

## **1 Einleitung**

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

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

---

<sup>1</sup> Vgl. im Detail: Umweltbundesamt 2003.

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

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

## 2 Anforderungen an den Indikator Versiegelung

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

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

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

---

<sup>2</sup> Vgl. [www.ugrdl.de](http://www.ugrdl.de).

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

### Anforderungsprofil für den zukünftigen Indikator

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

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

## 3 Ansätze zur Bodenversiegelung

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass

- a) die Ergebnisse für die einzelnen Nutzungsarten<sup>4</sup> in tieferer Gliederung (z. B. Nutzungsart 140, Gebäude- und Freifläche für Handel und Dienstleistungen) nicht in jedem Bundesland erhoben werden,
- b) Umschlüsselungen von Nutzungsarten auf tiefer regionaler Ebene zwischen einzelnen Jahren (z. B. im Zuge von Flurbereinigungsverfahren) zu nicht plausiblen Ergebnissen in den Zeitreihen führen,
- c) die Zuordnung der einzelnen Nutzungsarten in der tiefsten Gliederung (1er- und 10er-Position) nicht in jedem Katasteramt gleich gehandhabt wird.

---

<sup>4</sup> Nutzungsarten gegliedert nach 1er-, 10er- und 100er-Positionen aus dem ADV-Nutzungsverzeichnis.

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

### Verfügbare Daten

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

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

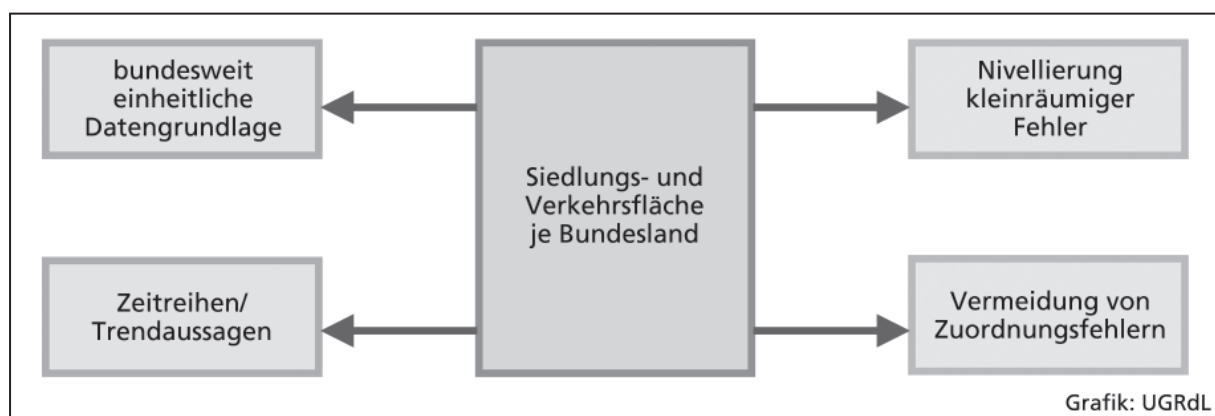


Abb. 1: Leistungsfähigkeit der Datengrundlage (Quelle: UGRdL)

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

Zur Wahl standen:

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

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

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

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

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

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

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

#### **4 UGRdL-Ansatz**

Bundesweit liegen zurzeit keine flächendeckenden Zahlen zur Bodenversiegelung vor.

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

##### **Definition:**

##### **Bodenversiegelung nach UGRdL-Ansatz**

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

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

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

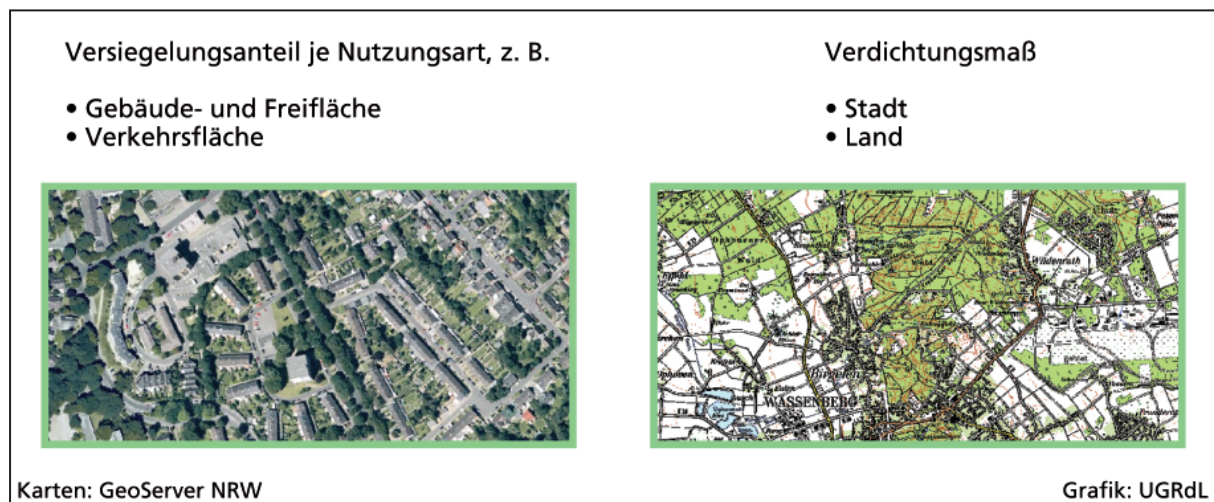


Abb. 2: Versiegelungsanteil und Verdichtungsmaß als Grundlage für die Berechnung der Bodenversiegelung (Quelle: UGRdL)

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

#### **Definition:**

#### **Siedlungs- und Verkehrsfläche nach dem ADV-Nutzungsartenverzeichnis**

Gebäude- und Freifläche (Nutzungsart 100/200)

Betriebsfläche ohne Abbauand (Nutzungsart 300 ohne 310)

Erholungsfläche (Nutzungsart 400)

Verkehrsfläche (Nutzungsart 500)

Friedhof (Nutzungsart 940)

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

#### 4.1 Ermittlung der Versiegelungsanteile

**Definition:**  
**Versiegelungsanteil**

Anteil der versiegelten Fläche an der Gesamtfläche einer Nutzungsart.

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

## 4.2 Bestimmung des Verdichtungsmaßes

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

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

### Definition:

#### Siedlungsflächendichte als Verdichtungsmaß

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

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

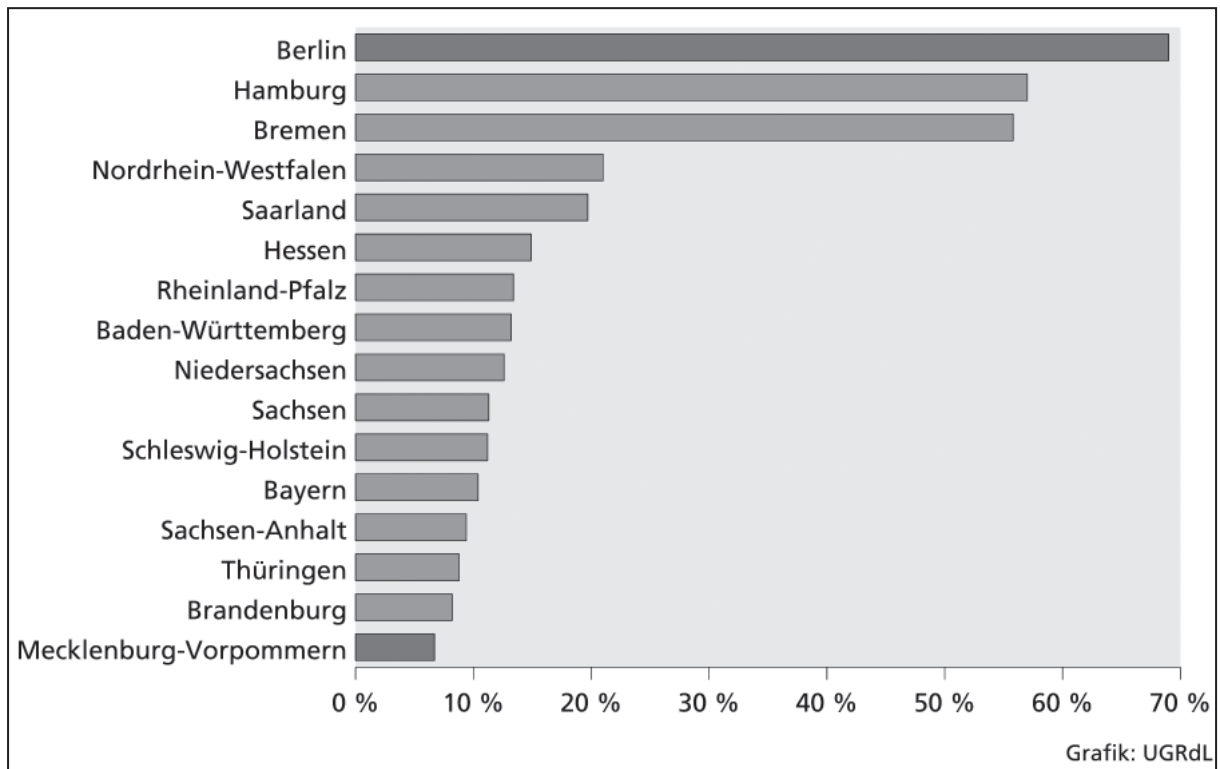


Abb. 3: Siedlungsflächendichte im Jahr 2000 nach Bundesländern (Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche) (Quelle: UGRdL)

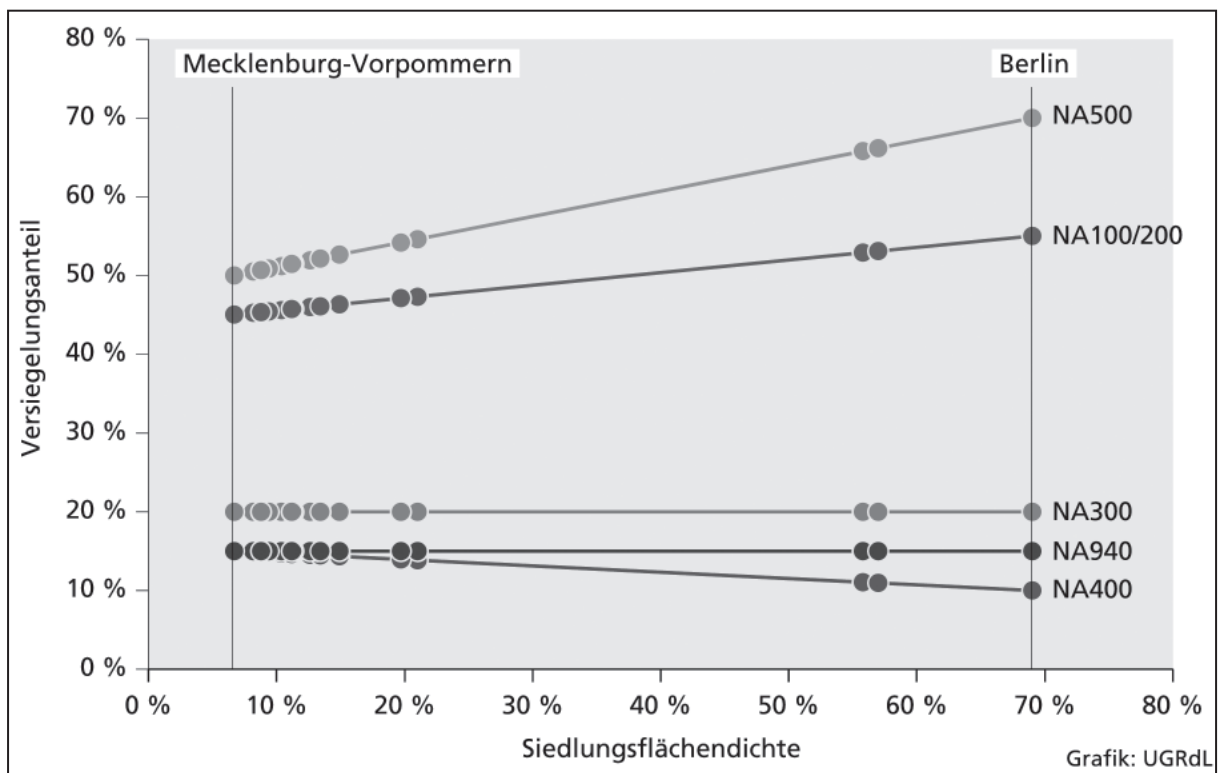


Abb. 4: Versiegelungsanteile in Abhängigkeit von der Siedlungsflächendichte im Jahr 2000 nach Nutzungsarten und Bundesländern (Quelle: UGRdL)

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

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

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

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

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

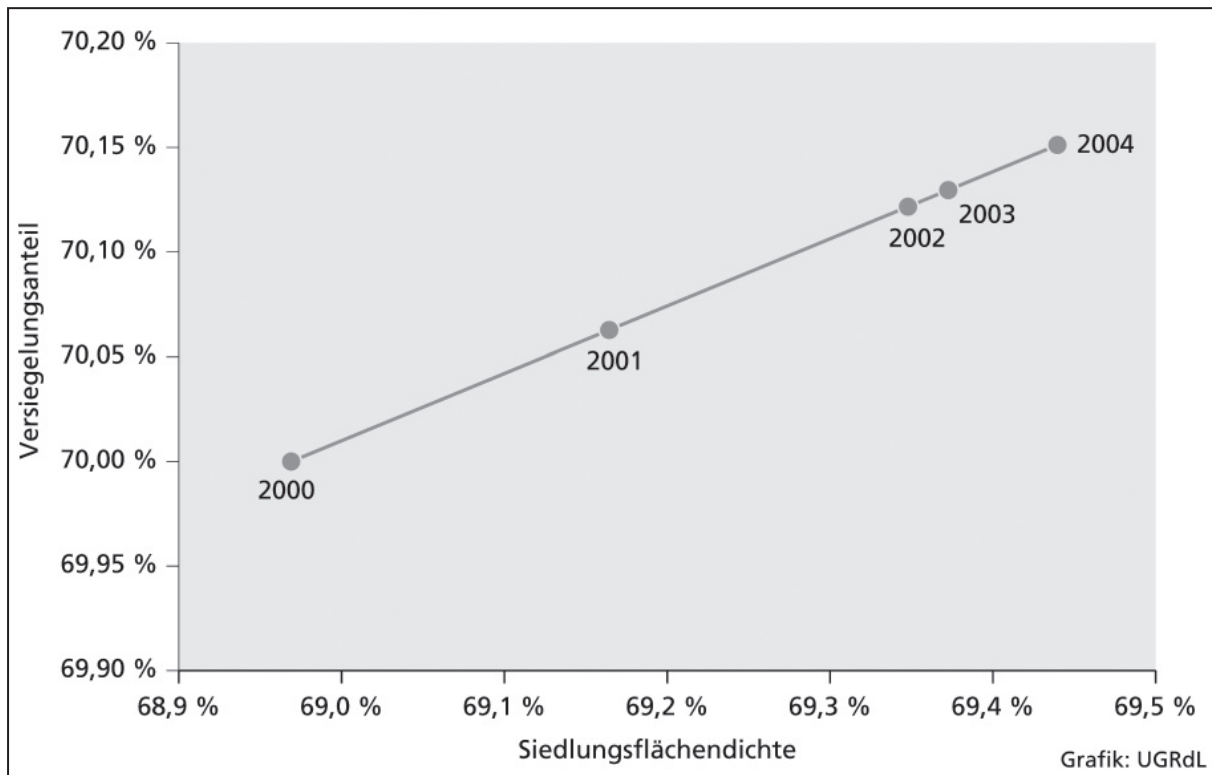


Abb. 5: Versiegelungsanteil der Verkehrsfläche in Abhängigkeit von der Siedlungsflächendichte in Berlin 2000-2004 (Quelle: UGRdL)

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

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

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

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

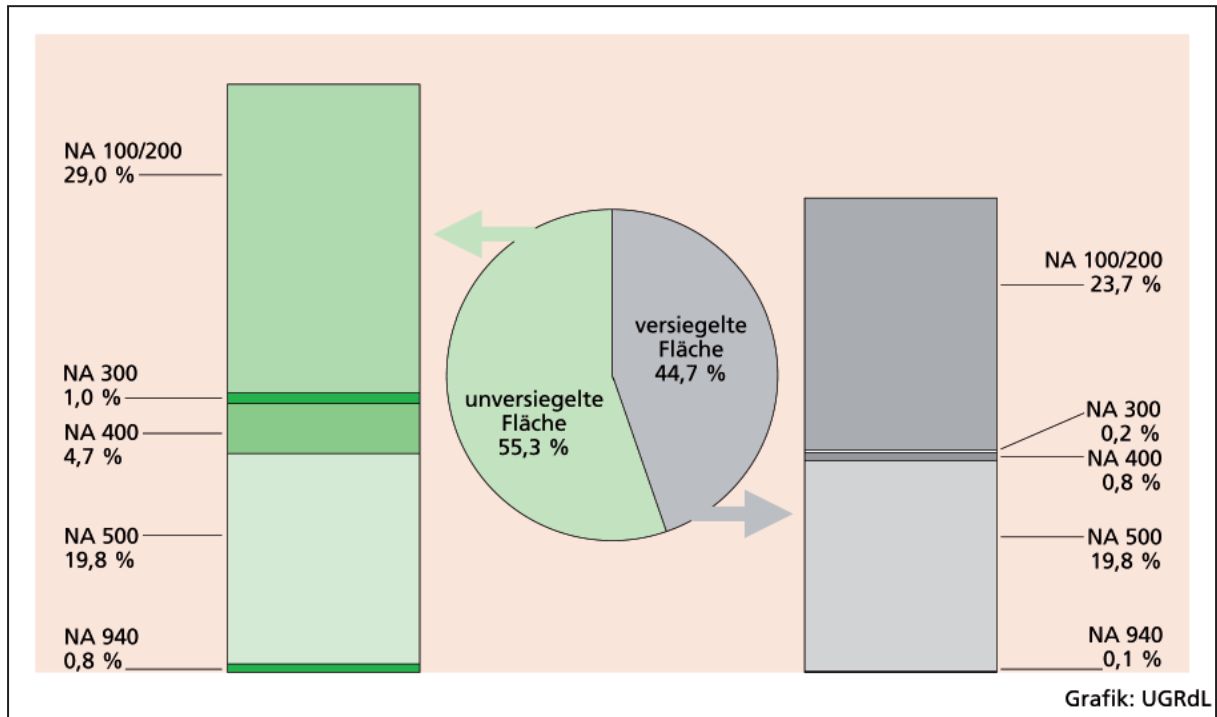


Abb. 6: Bodenversiegelung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2000 (Quelle: UGRdL)

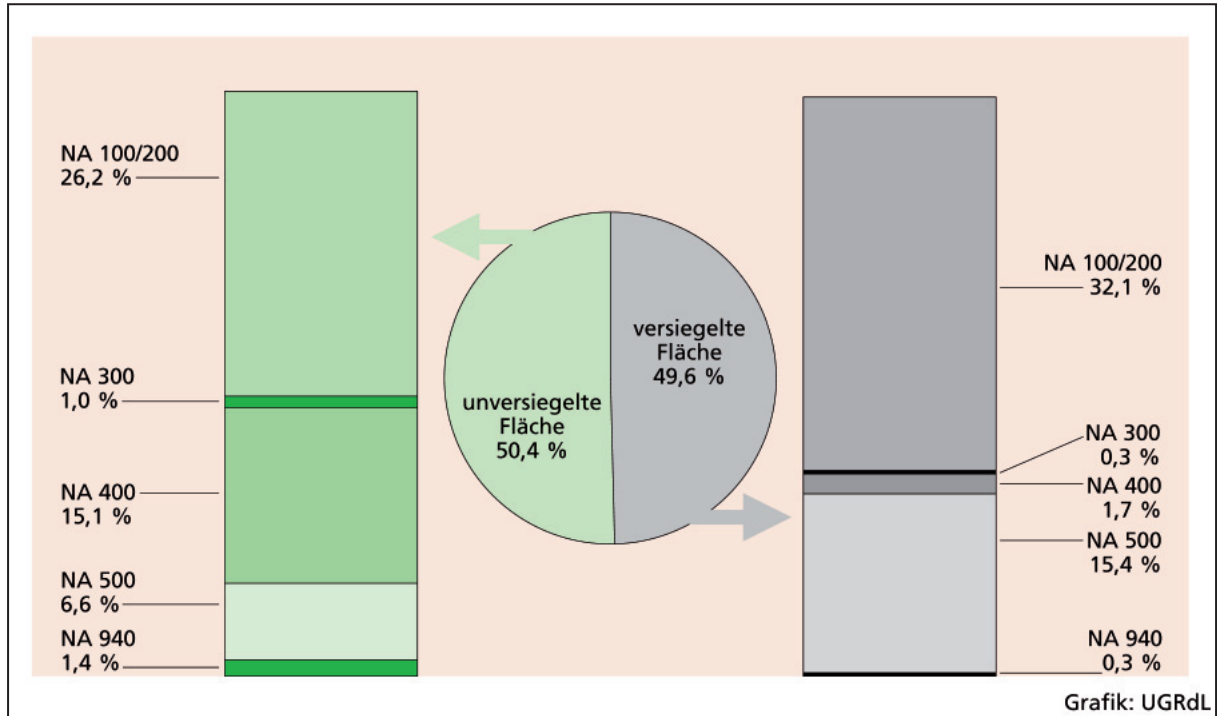


Abb. 7: Bodenversiegelung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Berlin im Jahr 2000 (Quelle: UGRdL)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

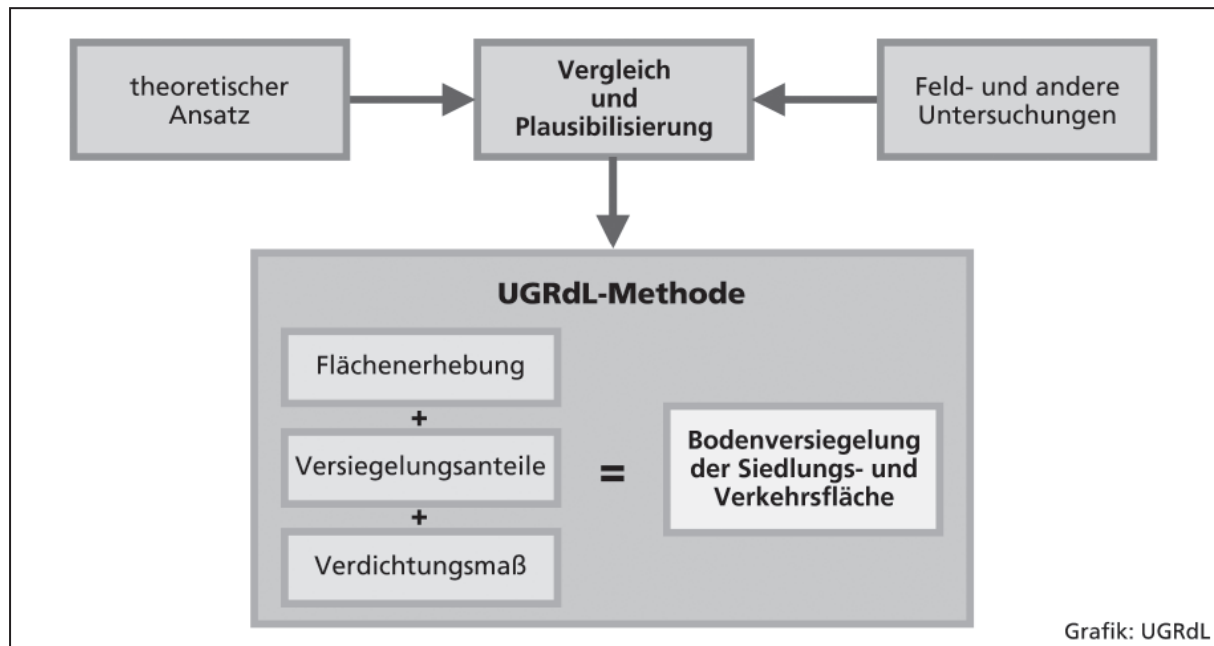


Abb. 8: Methodische Vorgehensweise (Quelle: UGRdL)

## 5 Ergebnisse

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

Die einzelnen Länderergebnisse zum 31. Dezember der Jahre 2000 bis 2005 (ohne Sachsen-Anhalt) sind in den Tabellen 5 bis 8 zusammengestellt. Es liegen Daten zur Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie der versiegelten Fläche vor. Sie werden dargestellt als Absolutgrößen (in km<sup>2</sup>) und als Index (Messzahl 2000 = 100) sowie als darauf basierende Indikatoren der Zunahme (in ha/Tag).



Tab. 5: Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie versiegelte Fläche am 31.12.2000-2005 nach Bundesländern<sup>1)</sup> (Quelle: UGRdL)

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

\*) ohne Sachsen-Anhalt

<sup>1)</sup> vom 31.12.2000 bis zum 31.12.2005

Tab. 6: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche 31.12.2000-2005 nach Bundesländern<sup>\*)</sup>  
(Quelle: UGRdL)

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

\*) ohne Sachsen-Anhalt

Tab. 7: Entwicklung der versiegelten Fläche 31.12.2000-2005 nach Bundesländern<sup>\*)</sup> (Quelle: UGRdL)

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

\*) ohne Sachsen-Anhalt

Tab. 8: Flächennutzung am 31.12.2000 und 2005 nach Nutzungsarten und Bundesländern<sup>\*)</sup>  
(Quelle: UGRdL)

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

<sup>\*)</sup> ohne Sachsen-Anhalt

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

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

---

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

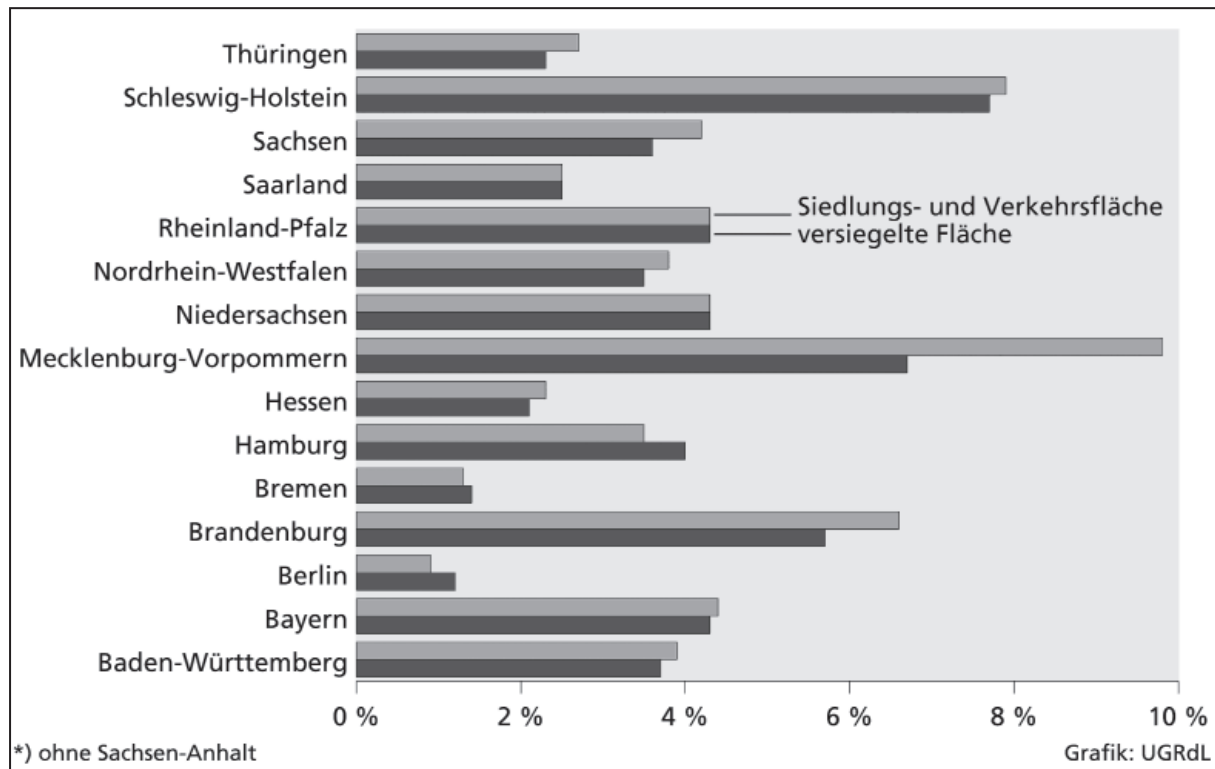


Abb. 9: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche und der versiegelten Fläche vom 31.12.2000 bis zum 31.12.2005 nach Bundesländern\*) (Quelle: UGRdL)

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

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

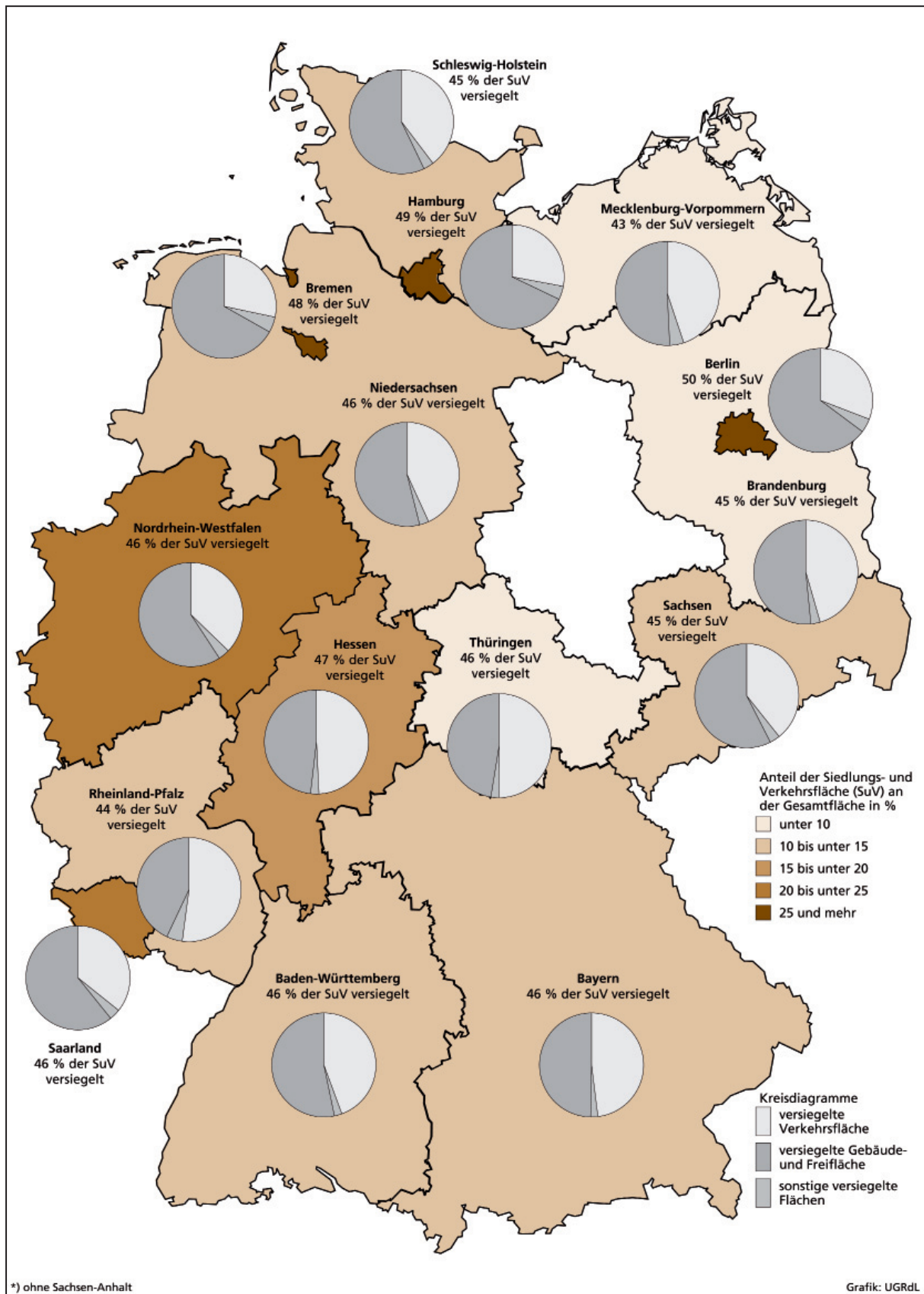


Abb. 10: Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) sowie versiegelte Fläche am 31.12.2005 nach Bundesländern\*) (Quelle: UGRdL)

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

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

## 6 Zusammenfassung

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

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

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



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

Im Ergebnis liegen Daten zur Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie der versiegelten Fläche für die Bundesländer (ohne Sachsen-Anhalt) zum 31.12.2000 bis zum 31.12.2005 vor. Sie werden dargestellt in Absolutgrößen (in km<sup>2</sup>) und als Index (Messzahlen 2000 = 100) sowie als darauf basierende Indikatoren der Zunahme (in ha/Tag). Zwischen 2000 und 2005 stieg die Siedlungs- und Verkehrsfläche (ohne Sachsen-Anhalt) um 100 ha /Tag. Dabei wurden 43 ha pro Tag (ohne Sachsen-Anhalt) neu versiegelt, davon in NRW 6,3 ha/Tag.

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

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

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

## Literatur

- Arlt, G. u. a. (2001): Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Bodenversiegelung und Bodenpreis. In: Institut für ökologische Raumentwicklung (Hrsg.): IÖR-Schriften, Band 34, Dresden 2001.
- Birkmann, J. (2004): Flächeninanspruchnahme: Indikatoren und Nutzungsstrukturen. In: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Kongress zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder am 23. Juni 2004 in Düsseldorf, Düsseldorf 2004, 155-186.

- Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft „Nachhaltige Entwicklung“ (BLAG NE): Kennblatt zum UMK-Indikator Nr. 06.  
<http://www.blak-ne.de/index2.php?seite=40500>
- Dahlmann, I.; Gunreben, M.; Tharsen, J. (2001): Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. In: Bodenschutz 3/2001, Berlin 2001, 79-84.
- Dahlmann, I.; Gunreben, M. u. a. (2007): Die Erhebung eines bundesweiten Indikators „Bodenversiegelung“. In: Bodenschutz 2/2007, Berlin 2007 (in Vorbereitung).
- Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.) (1997): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (WaBoA).  
<http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/waboa/>
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (Hrsg.) (2004): Umweltatlas Berlin.  
<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia102.htm>
- Singer, C. (1995): Stadtökologisch wertvolle Freiflächen in Nordrhein-Westfalen. ILS-Schrift-Nr. 96, Dortmund 1995.
- Tharsen, J.; Gunreben M. (2001): Bodenversiegelung in Niedersachsen. In: Arbeitshefte Boden, Heft 2001/3, Hannover 2001, 39-54.
- Thüringer Landesanstalt für Umwelt (Hrsg.) (2001): Flächenversiegelung in Thüringen, Grundlagen, Erhebungsmethoden und Bearbeitungsstand. Schriftenreihe Nr. 46, Jena 2001.
- Umweltbundesamt (Hrsg) (2003): Verringerung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlungen und Verkehr – Materialienband, UBA-TEXTE 90/03, Berlin 2003, 93 f.
- Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) (2005): Durchschnittliche tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche vom 1. Januar 1993 bis zum 31. Dezember 2005 nach Bundesländern.  
<http://www.ugrdl.de/ae10.htm>

# **ATKIS, ALK(IS), Orthobild – Vergleich von Datengrundlagen eines Flächenmonitorings**

Ulrich Schumacher, Gotthard Meinel

## **Zusammenfassung**

Zum Aufbau eines flächendeckenden Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung in Deutschland werden geeignete Geodaten benötigt. Ausgehend von den raum- und umweltplanerischen Zielstellungen eines Flächenmonitorings in Verbindung mit dem Anliegen der laufenden Raubeobachtung ergeben sich dafür grundlegende Anforderungen. Verfügbare Datenquellen werden im Hinblick auf ihre potenzielle Eignung vorgestellt und verglichen: das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS (insbesondere das Basis-DLM), das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem ALKIS (basierend auf der automatisierten Liegenschaftskarte ALK und dem Liegenschaftsbuch ALB) sowie klassifizierte Luft- und Satellitenbilddaten. Erkennbare Datenprobleme werden im Hinblick auf die Berechnung von Indikatoren diskutiert und mit Fallbeispielen illustriert. Außerdem wird eine Lösung für die administrative Bezugsgeometrie des Monitors vorgestellt.

## **1 Zielstellung des geplanten Flächenmonitorings**

Ein flächendeckendes Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland erfordert geeignete Geodaten als Grundlage. Für die Auswahl dieser Daten sind – mit dem Fokus auf eine nachhaltige Entwicklung der Flächennutzung – verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Als Ziel wird grundsätzlich eine räumlich hochauflösende Ermittlung der realen Flächennutzung in Siedlung und Freiraum angestrebt. Zum Nachweis dauerhafter Veränderungen der Nutzungsstruktur ist es beispielsweise wichtig, neue realisierte Bauprojekte weitestgehend unabhängig von ihrer Größe in das Monitoring einzubeziehen, weil die Summe zahlreicher kleiner Flächen für größere Gebietseinheiten kumulativ signifikant und damit ökologisch relevant sein kann.

Ein Monitoring stellt, wie jedes Abbild der realen Welt, eine Rückschau dar. Deshalb ist eine hohe Aktualität der dafür verwendeten Geodaten besonders wich-

tig, wenn diese als Informationsgrundlage für Entscheidungsprozesse dienen sollen. Darüber hinaus ergibt sich die Notwendigkeit der Betrachtung von Nutzungskategorien aus funktionaler Sicht (z. B. Arbeiten, Wohnen und Erholung), was eine entsprechende Bewertung der verfügbaren Eingangsdaten (z. B. aus Topographie und Statistik) erfordert. Damit kann die Entwicklung der Flächennutzung in Deutschland mithilfe eines solchen Monitoring-Systems nicht nur quantitativ erfasst, sondern auch qualitativ bewertet werden (zum Konzept des Monitors siehe Beitrag Meinel in diesem Band). Mit Blick auf die Zukunft sind internationale Standards (wie ISO oder OGC) beim Konzept zu berücksichtigen. Schließlich ist eine öffentliche Präsentation der Ergebnisse (gemäß INSPIRE-Richtlinie) vorgesehen.

## 2 Datenanforderungen für ein Monitoring

Ausgehend von dieser Zielstellung können grundlegende Anforderungen an die für das Monitoring benötigten Geodaten abgeleitet werden. Insbesondere betrifft dies die Geobasisdaten, welche nach den Grundsätzen des amtlichen Vermessungswesens in Deutschland wie folgt definiert sind: *„Das amtliche Vermessungswesen ... erfasst und dokumentiert entsprechend dem gesetzlichen Auftrag grundlegende Daten von den Erscheinungsformen der Erdoberfläche (Geotopographie) bis zur Abgrenzung von Grundstücken und grundstücksbezogenen Rechten (Liegenschaftskataster) und stellt den einheitlichen geodätischen Raumbezug bereit. Diese Daten werden als Geobasisdaten bezeichnet.“* (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland 2009). Im Gegensatz dazu werden als Geofachdaten raumbezogene Daten eines bestimmten Fachgebietes verstanden, also alle Geodaten, die nicht zu den Geobasisdaten gehören.

Folgende wesentliche Anforderungen an Geodaten müssen für ein Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung erfüllt sein:

- *Flächendeckende Verfügbarkeit in Deutschland:* Die Geodaten müssen für die amtlichen Gemeindeflächen aller Bundesländer vollständig, d. h. einschließlich der Binnengewässer, aber ohne Meeressgewässer, zur Verfügung stehen.
- *Einheitliche Datenstruktur für alle Raumeinheiten:* Die Geodaten müssen für sämtliche Raumeinheiten auf allen relevanten räumlichen Ebenen im Bundesgebiet mit einheitlicher Struktur (sowohl für Geometrie als auch für Attribute) verfügbar sein.

- *Gesetzlich gesicherte Fortschreibung*: Die Geodaten müssen nach gesetzlichem Auftrag erfasst sowie regelmäßig und mit unbeschränktem Zeithorizont fortgeschrieben werden.
- *Möglichkeit zur Verknüpfung der Geobasisdaten mit Geofachdaten*: Die Geobasisdaten müssen über eine Schlüsselssystematik (vorzugsweise dem amtlichen Gemeindegemeinschaftsschlüssel AGS) eindeutig mit räumlich korrespondierenden Geofachdaten aus thematisch unterschiedlichen Bereichen verknüpfbar sein.
- *Hinreichende räumliche Auflösung*: Die Geodaten müssen in einer für die Widerspiegelung der Siedlungs- und Freiraumentwicklung hinreichenden Auflösung vorliegen, d. h. einen entsprechend großen Erfassungsmaßstab besitzen.
- *Limitierung von Datenmenge und Rechenaufwand*: Die Geodaten sollten in ihrer maximalen Auflösung begrenzt sein, um Datenmenge und Rechenaufwand für ein deutschlandweites Monitoring in vertretbaren Grenzen zu halten.
- *Öffentlicher und möglichst zentraler Datenzugang*: Die Geodaten müssen öffentlich und ohne Beschränkungen durch den gesetzlichen Datenschutz oder andere Bestimmungen zugänglich sein, wobei dies nach Möglichkeit über eine zentrale Stelle für das gesamte Bundesgebiet erfolgen sollte.

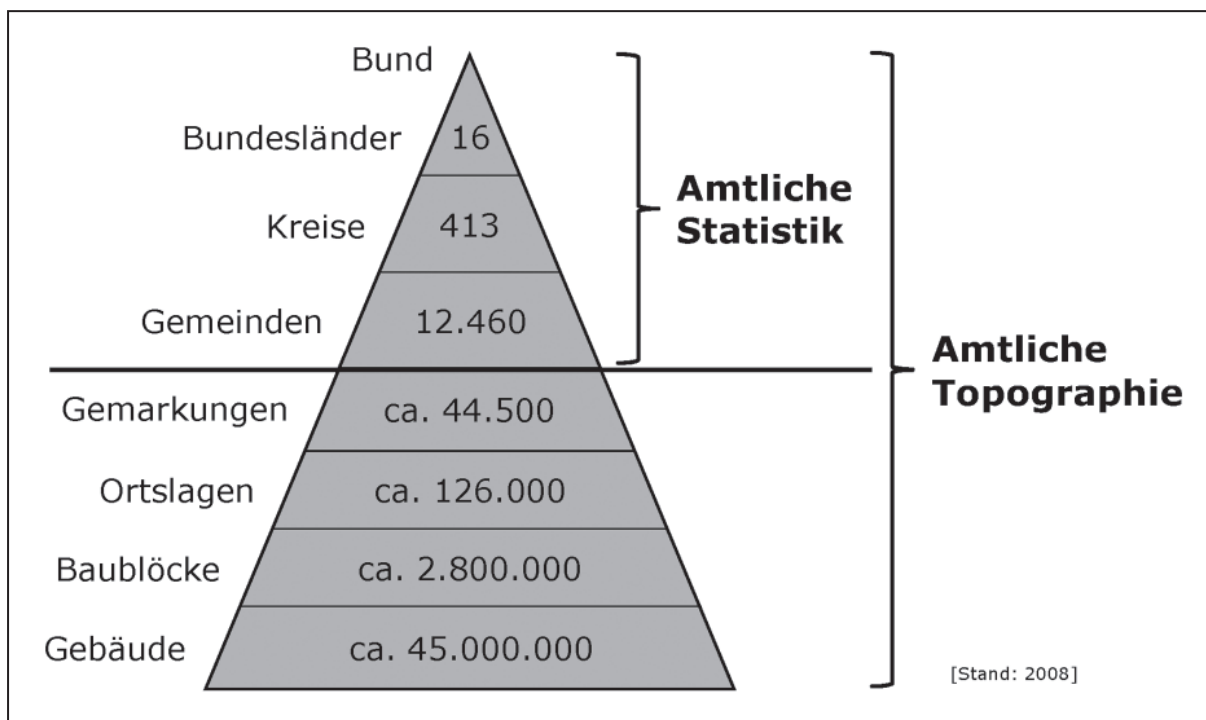


Abb. 1: Raumeinheiten in der Bundesrepublik Deutschland  
(Datenquellen: Destatis und BKG, eigene Bearbeitung, IÖR 2009)

- *Verfügbarkeit früherer Zeitschnitte (optional)*: Für die Erweiterung des Zeithorizontes des gesamten Monitorings wäre es wünschenswert, wenn diese Geodaten in vergleichbarer (gegebenenfalls analoger) Form auch für frühere Zeitschnitte zur Verfügung stehen.

Daraus ergibt sich, dass in erster Linie Geobasisdaten für das Monitoring relevant sind, die für unterschiedliche räumliche Ebenen benötigt werden. Abbildung 1 vermittelt einen Überblick über wichtige Raumeinheiten mit Angabe der Zahl entsprechender Geobjekte.

### 3 Potenzielle Geobasisdaten im Überblick

In diesem Abschnitt sollen verfügbare Datenquellen im Hinblick auf ihre potenzielle Eignung vorgestellt und verglichen werden. Dies betrifft das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS (hier vor allem das Digitale Basis-Landschaftsmodell), das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem ALKIS (als Nachfolgeprodukt von Liegenschaftskarte und -buch) sowie klassifizierte Luft- und Satellitenbildprodukte, welche aus digitalen Orthofotos abgeleitet wurden. Dabei handelt es sich also nicht nur um Geobasisdaten vom amtlichen Vermessungswesen (siehe 2. Abschnitt), sondern um grundlegende raumbezogene Daten im weiteren Sinne.

#### 3.1 ATKIS

ATKIS ist das amtliche Basisinformationssystem Deutschlands für digitale topographische Geodaten. Es besteht aus Digitalen Landschaftsmodellen (DLM), Digitalen Geländemodellen (DGM), Digitalen Topographischen Karten (DTK) jeweils verschiedener Maßstäbe sowie Digitalen Orthophotos (DOP, amtliche orthorektifizierte Luftbilder). Im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) sind die Einrichtungen der Landesvermessung bis zum Maßstab 1:200.000 dafür zuständig, bei kleineren Maßstäben und in bundeslandübergreifenden Angelegenheiten liegt die Zuständigkeit beim Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (Jäger 2003).

So gelten für die digitalen Landschaftsmodelle folgende Verantwortungsbe-  
reiche:

- Landesvermessung: Basis-DLM (früher DLM 25), DLM 50
- BKG: DLM 250, DLM 1000

Für die topographischen Objekte jedes Landschaftsmodells gibt es jeweils einen Objektartenkatalog mit sechs Objektbereichen: Siedlung, Verkehr, Vegetation, Gewässer, Relief und Gebiete (siehe Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland 2003). Der Aufbau von ATKIS erfolgt in drei Ausbaustufen:

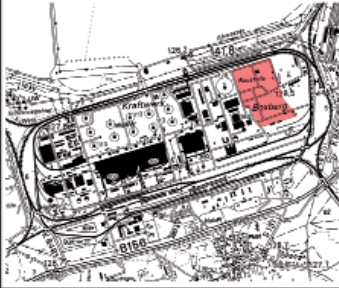
- Stufe 1 (64 Objektarten, 1997 abgeschlossen)
- Stufe 2 (ca. 120 Objektarten, 2008 abgeschlossen)
- Stufe 3 (165 Objektarten, Anfang 2009 in 10 Ländern abgeschlossen)

Die dritte Ausbaustufe gilt als Voraussetzung für die Zusammenführung der Grunddaten des Amtlichen Festpunktinformationssystems AFIS, des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems ALKIS und von ATKIS zu einem einheitlichen und redundanzfreien Datenbestand des amtlichen Vermessungswesens in Deutschland, dem sogenannten AAA-Projekt (Details zur Entwicklung von ATKIS siehe Reinhold & Plötner 2008).

Das ATKIS-Basis-DLM ist so strukturiert, dass die Topographische Karte im Maßstab 1:25.000 in digitaler Form (DTK 25) automatisch daraus abgeleitet und sinnvoll fortgeführt werden kann. Für die einzelnen topographischen Ebenen (als Zusammenfassung von Objektarten) enthält das Basis-DLM Punkt-, Linien- und Flächenobjekte mit einer einheitlichen Attributstruktur (siehe Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2008a). Dabei sind für das Monitoring insbesondere die Flächen- sowie einige Linienobjekte mit den Attributen Objektart (OBA), Funktion (FKT) und Widmung (WDM) von Bedeutung.

Das ATKIS Basis-DLM ist mit seiner Auflösung für ein Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung besonders geeignet. Im Folgenden sollen aber auch ausgewählte Probleme der ATKIS-Daten im Hinblick auf die Berechnung von Indikatoren zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung diskutiert werden, wobei Anwendererfahrungen aus bisherigen Forschungsarbeiten des IÖR einfließen.

Ein erstes Problem stellt die vielfältige *Überlagerung von Objektarten* dar, was bei Flächenberechnungen und -bilanzen entsprechend berücksichtigt werden muss. Einige typische Beispiele zeigt Abbildung 2, wobei es hier zu funktionalen Überlagerungen von Flächen des Siedlungsraumes mit Flächen des Freiraumes kommt. Nach Angaben des BKG-Geodatenzentrums sind 770 verschiedene Überlagerungen von Objektarten des Basis-DLM (als Dupel bzw. Tripel) registriert worden. Daraus ergibt sich, dass diese Fälle nicht speziell, sondern nur generell behandelt werden können. Bei funktionaler Überlagerung einer

OBA		4102	4107	5112
	Name	Grünland	Wald, Forst	Binnensee, Stausee, Teich
2112	Industrie- und Gewerbefläche			
2113	Fläche gemischter Nutzung			

Geoinformationen: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de)

Abb. 2: Überlagerung ausgewählter Objektarten des Siedlungsraumes mit Objektarten des Freiraumes (Beispielflächen in rot)  
(Datenquelle: BKG, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher, IÖR 2009)

Siedlungs- mit einer Freiraumfläche ist die Priorität der Flächenzuordnung im Rahmen des Monitorings festzulegen (z. B. zugunsten der Siedlungsfläche).

Ein zweites Problem stellen *Unterschiede bei der Objekterfassung* in verschiedenen Bundesländern dar, wobei zwei Fälle zu unterscheiden sind:

#### 1. Fall: *Landesspezifische Objektarten:*

Der Objektartenkatalog definiert grundsätzlich einheitliche Objektarten für das gesamte Bundesgebiet (AdV-Standard); allerdings gibt es für 37 Objektarten des Basis-DLM keine Erfassungspflicht. Hier ist die Erfassung den Bundesländern freigestellt. So existiert die Objektart „Brachland“ nur in Mecklenburg-Vorpommern und im Saarland. Darüber hinaus werden auch obligatorische Objektarten u. U. nicht vollständig erfasst, wie beispielsweise die „Ortslage“ in Hamburg. Das naturbedingte Vorkommen einiger Objektarten ausschließlich in bestimmten Regionen (z. B. Wattflächen nur an der Nordsee) bleibt davon unberührt.

#### 2. Fall: *Unterschiedliche Objekterfassung in den Bundesländern:*

Die Objekterfassung durch die Einrichtungen der Landesvermessung erfolgt trotz grundsätzlich einheitlicher Vorgaben der AdV teilweise mit landesspezifisch auffälligen Unterschieden. Ein anschauliches Beispiel bildet die Erfassung



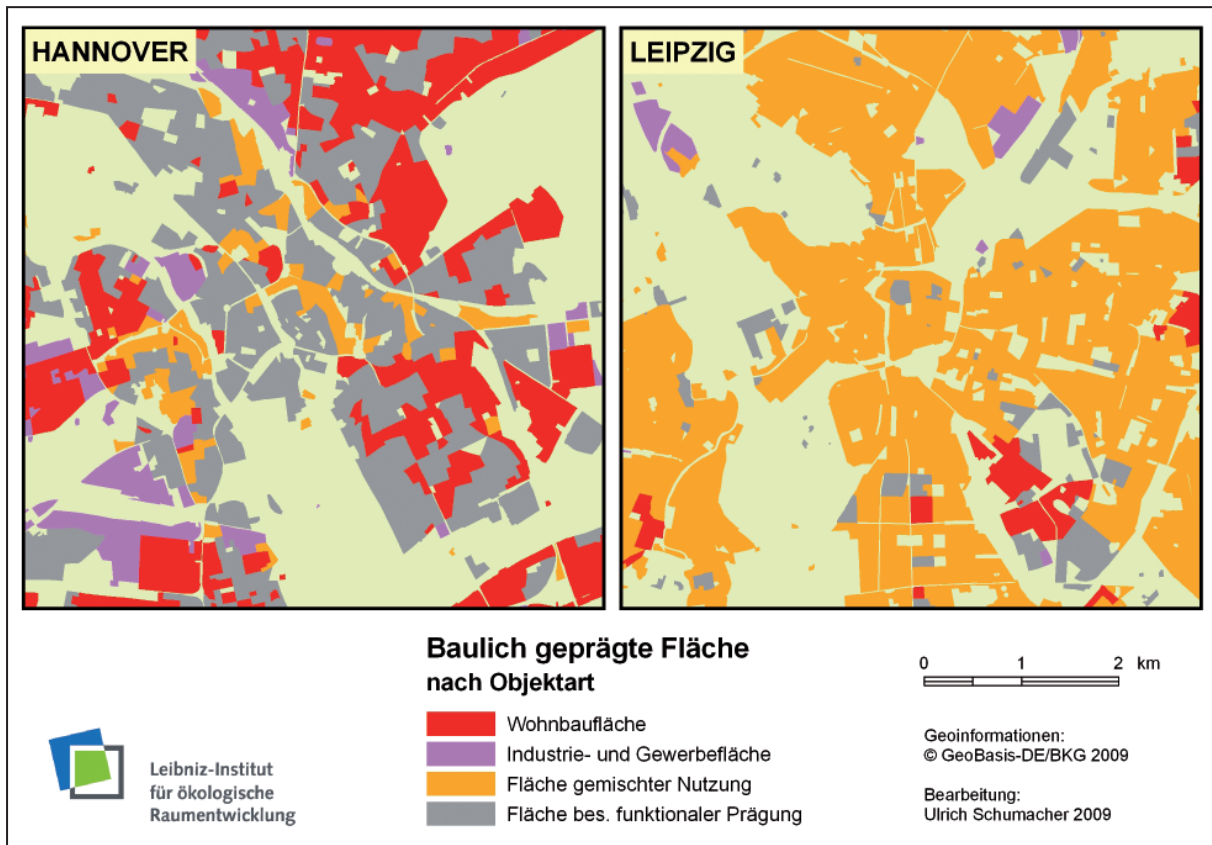


Abb. 3: Landesspezifische Unterschiede bei der ATKIS-Objekterfassung baulich geprägter Flächen in Niedersachsen (Beispiel Hannover) und Sachsen (Beispiel Leipzig) (Datenquelle: BKG, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher, IÖR 2009)

baulich geprägter Flächen in Sachsen und Niedersachsen (siehe Abb. 3). Die beiden durchaus vergleichbaren Städte Leipzig und Hannover weisen stark differierende Attribute ihrer Siedlungsgrundflächen auf: Während im Zentrum und in den inneren Vorstädten von Leipzig Flächen gemischter Nutzung (Wohnbau- und Industrie-/Gewerbefläche) eindeutig dominieren, gibt es in Hannover in diesen Bereichen vor allem Flächen besonderer funktionaler Prägung sowie teilweise reine Wohnbauflächen. Dies ist weniger auf bestehende Ost-West-Unterschiede, sondern vielmehr auf den Interpretationsspielraum bei der Vergabe von ATKIS-Attributen zurückzuführen. In diesem Zusammenhang sollte die AdV ihre Definitionen für die entsprechenden Objektarten, insbesondere der baulich geprägten Flächen, im Hinblick auf eine einheitliche Handhabung in Deutschland schärfen.

Ein drittes wesentliches Problem liegt in der *unterschiedlichen Aktualität der ATKIS-Daten* in Abhängigkeit von der Laufendhaltung der Kartenblätter in den einzelnen Bundesländern. Dabei gibt es eine Streubreite über mehr als zehn Jahre, zurück gerechnet vom Zeitpunkt der Datenlieferung (siehe Abb. 4). Außerdem

ist bei den Aktualisierungszyklen zwischen der Grund- und der Spitzenaktualität (nur für ausgewählte Objektarten) des ATKIS Basis-DLM zu unterscheiden. Die für das Monitoring relevanten Objektarten unterliegen im Wesentlichen der Grundaktualität (Fortführung in der Regel im drei- bis fünfjährigen Zyklus), Verkehrsstrassen werden allerdings schneller aktualisiert (Spitzenaktualität, Fortführung im drei- bis zwölfmonatigen Zyklus).

Aus den beiden Übersichtskarten in Abbildung 4 wird ersichtlich, dass es große regionale, aber auch kartenblattbezogene Unterschiede bei der Grundaktualität des ATKIS Basis-DLM gibt. Die Blattschnittgrenzen resultieren aus den verschiedenen Kartenwerken der Erfassung und Laufendhaltung:

- Deutsche Grundkarte 1:5.000 (DGK 5) im Nordwesten,
- Topographische Karte 1:10.000 (TK 10) im Osten und
- Topographische Karte 1:25.000 (TK 25) in Bayern.

Generell ist eine Verbesserung der Grundaktualität im Jahre 2008 gegenüber 2006 (mit Ausnahme des Saarlandes) zu verzeichnen. Dabei hat Baden-Württemberg die aktuellsten Geobasisdaten, während Thüringen am schlechtesten abschneidet. Die gegenwärtige und sicher auch in naher Zukunft bestehende unterschiedliche Aktualität der ATKIS-Daten erfordert deshalb einen Kompromiss für die Definition bzw. die Angabe von Zeitschnitten beim Monitoring.

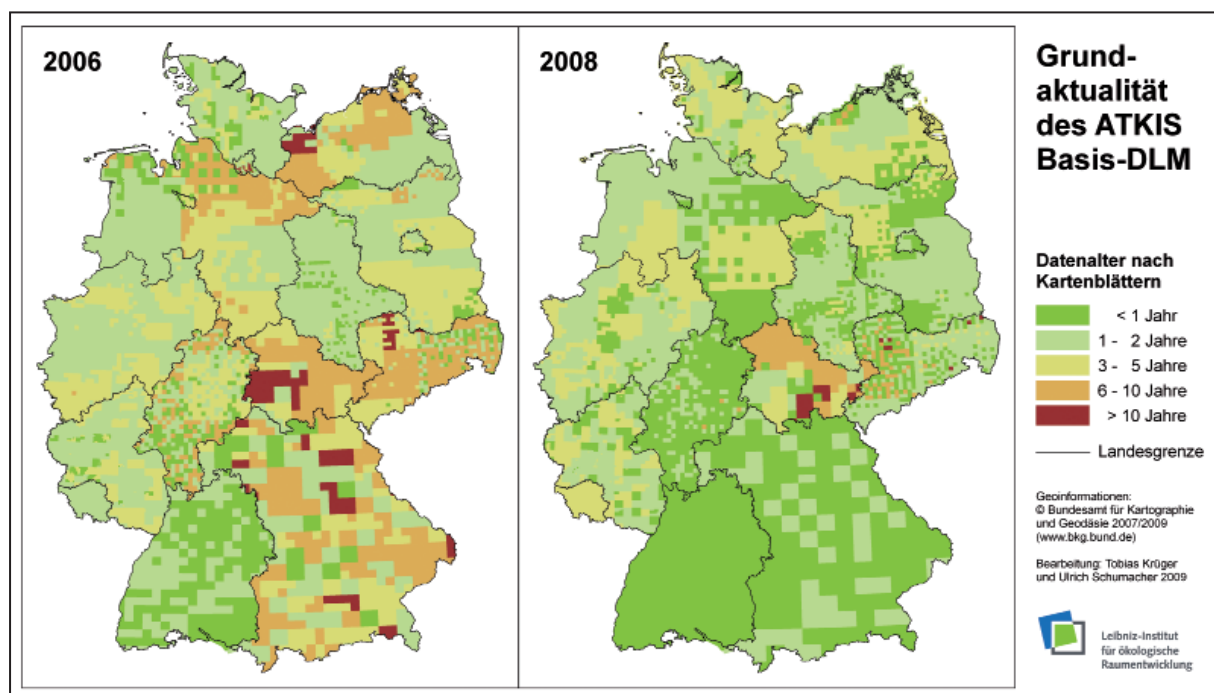


Abb. 4: Grundaktualität des ATKIS-Basis-DLM nach Kartenblättern 2006 und 2008 (Datenquelle: BKG, Bearbeitung/Karte: T. Krüger und U. Schumacher, IÖR 2009)

Im Jahre 1998 hat die AdV für das Basis-DLM in einer Liste ausgewählte Objektarten und Attribute mit Spitzenaktualität festgelegt. Diese Maßnahme entsprach der Forderung zahlreicher Datennutzer nach höherer Aktualität der von ihnen benötigten topographischen Daten. Damit sind aber auch zusätzliche Probleme, sowohl bei der Realisierung durch die Landesvermessungsbehörden (siehe Gericke, Katzur 2004) als auch bei der Nutzung im Hinblick auf einen heterogenen Zeitbezug verschiedener Objektarten innerhalb eines Kartenblattes verbunden.

Als viertes Problem soll die *Einbeziehung von linienförmigen Verkehrsobjekten des ATKIS Basis-DLM* erwähnt werden. Hierunter fallen insbesondere die linienhaft modellierten Verkehrsstrassen von Straße und Schiene. Für die Berechnung von Verkehrsflächen ist es erforderlich, die Linienobjekte in Flächenobjekte umzuwandeln, was GIS-technisch über eine Pufferung der Verkehrsstrassen anhand differenzierter Breitenangaben erfolgen kann. Beim Straßennetz gibt es dafür das Attribut „Breite der Fahrbahn“ (BRF) und beim Schienennetz das Attribut „Breite des Verkehrsweges“ (BRV). In den meisten Fällen sind diese Attribute auch vergeben, es existieren allerdings noch zahlreiche Fehlstellen, v. a. bei den Gemeindestraßen. Diese Datenlücken können durch Annahme empirisch berechneter mittlerer Breiten entsprechend der Straßenklassifikation geschlossen werden. Dabei ist zu beachten, dass das Breitenattribut bei Straßen mit physisch getrennten Richtungsfahrbahnen nicht an die Objektart „Straße“, sondern an die Objektart „Fahrbahn“ gebunden ist. Außerdem ist die Überlagerung dieser gepufferten Verkehrsflächen mit den unmittelbar angrenzenden Siedlungs- bzw. Freiflächen bei den Flächenberechnungen zu berücksichtigen.

Für ein Monitoring mit Fokus auf eine nachhaltige Entwicklung der Flächennutzung ist die Einbeziehung von *Geodaten der Schutzgebiete* sowohl für den Natur- und Artenschutz (Nationalparke, Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete, Vogelschutzgebiete) als auch für den allgemeinen Landschaftsschutz (Naturparke, Landschaftsschutzgebiete, Biosphärenreservate außerhalb der Kernbereiche) erforderlich (siehe Beitrag Walz in diesem Band). Die entsprechenden Geofachdaten (im Unterschied zu Geobasisdaten nach strenger Definition) dieser Schutzgebiete werden im System LANIS beim Bundesamt für Naturschutz (BfN) zentral für die Bundesrepublik Deutschland bereitgestellt (siehe Bundesamt für Naturschutz 2009). Im ATKIS Basis-DLM sind die Schutzgebietsdaten landesspezifisch nur teilweise und mit älterem Stand integriert, weshalb es sinnvoll ist, direkt auf die vollständigen und aktuelleren Daten vom BfN zurückzugreifen. Diese Geofachdaten sind nicht über einen Schlüssel mit den ATKIS-Geobasisdaten verknüpfbar, sondern sie können direkt über ihre Georeferenzierung ins GIS integriert werden, da sie auf Grundlage der TK 25 digitalisiert wurden.

### 3.2 ALK(IS)

Das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) soll in Zukunft die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) und das Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB) in einem System in Deutschland vereinen.

Die ALK als digitale Version der Amtlichen Liegenschaftskarte, Stadtgrundkarte bzw. Flurkarte kann durch folgende Merkmale charakterisiert werden:

- Inhalt: Grundstücks- bzw. Flurstücksgrenzen und Gebäude
- meist gemarkungsbezogene Inselkarten auf heterogener geodätischer Grundlage
- Maßstabsbereich von 1:500 bis 1:5.000 (meist 1:1.000)

Das ALB stellt die digitale Version des Amtlichen Katasterbuchwerkes dar:

- Inhalt: Verzeichnis der Grundstücke mit Nutzungsart und anderen Sachdaten
- Gliederung nach Gemarkungen und Flurstücken
- Name des Eigentümers (personenbezogene Daten; nicht öffentlich zugänglich aus Datenschutzgründen)

Beim Liegenschaftsbuch liegen die Flurstücksdaten ausschließlich adresskodiert vor, so dass der geographische Raumbezug mithilfe der Liegenschaftskarte hergestellt werden muss. Die notwendige Zusammenführung von ALK und ALB wird im Liegenschaftskataster-Informationssystem ALKIS gegenwärtig vollzogen. Dies bildet wiederum die Voraussetzung für das AAA-Projekt des bundesdeutschen Vermessungswesens.

Für die einzelnen Flurstücke einer Gemarkung sind im ALB Angaben zur Flächengröße und der dominierenden Nutzungsart (z. B. Gebäude- und Freifläche Wohnen [GFW]) enthalten. Die entsprechenden Zahlen fließen in die amtliche Statistik ein: So enthält die „Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung“ insgesamt 17 verschiedene Nutzungsarten (siehe Tab.1, Statistisches Bundesamt 2005 und Beitrag Deggau in diesem Band). Geometrisch sollen die Objektarten der tatsächlichen Nutzung als Grundflächen in ALKIS eine vollständige und überlagerungsfreie Flächendeckung des Gebietes aufweisen. Dagegen werden Bauwerke und andere Einrichtungen als Überlagerungsflächen modelliert (siehe Projektteam ALKIS-Objektkatalog Brandenburg 2003).

Tab. 1: Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung in ha zum 31.12.2004 – Auszug  
(Quelle: Statistik lokal, Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2008)

Schlüssel / Region		Zeit	Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung in ha																	
			davon												Landwirtschaftsfläche			Waldfläche	Wasserfläche	Abbauland
			Siedlungs- und Verkehrsfläche						Landwirtschaftsfläche											
			insgesamt		Gebäude- und Freifläche		Betriebsfläche (ohne Abbauland)		Erholungsfläche		Verkehrsfläche		insgesamt		darunter		15	16	17	
			1	2	zusammen	darunter Wohnen	Gewerbe, Industrie	zusammen	darunter Grünanlage	Friedhofsfläche	zusammen	darunter Straße, Weg, Platz	insgesamt	Moor	Heide					
01	Schleswig-Holstein, Land	2004-12	1576329	188368	106149	64734	8720	3103	12985	7052	1221	64910	58741	1119599	8647	2408	157025	77025	4526	
01001	Flensburg, krsfr. Stadt	2004-12	5638	2804	1853	1220	244	71	109	66	39	731	524	1578	3	118	342	812	4	
01002	Kiel, krsfr. Stadt	2004-12	11840	6283	4005	2066	514	19	589	425	72	1598	1272	3810	22	2	490	1094	11	
01003	Lübeck, krsfr. Stadt	2004-12	21413	7576	4546	2528	909	129	1043	812	39	1819	1379	6981	2	18	2999	3092	63	
01004	Neumünster, krsfr. Stadt	2004-12	7163	3360	2377	1369	260	31	190	132	47	714	585	3225	188	2	305	190	1	
01051	Dithmarschen, Landkreis	2004-12	142814	14502	8142	4742	868	290	572	259	95	5403	5042	110747	560	49	4915	6729	240	
01051001	Albersdorf	2004-12	1713	268	161	131	9	0	12	5	4	90	80	1108	0	1	250	27	1	
01051002	Arkebek	2004-12	692	45	17	13	0	1	1	1	0	26	23	468	0	0	138	2	0	
01051003	Avertlak	2004-12	906	62	38	26	1	0	5	3	0	19	19	748	27	0	14	58	0	
01051004	Bargenstedt	2004-12	1191	119	67	34	6	0	6	4	0	45	45	971	0	0	72	11	10	
01051005	Barkenholm	2004-12	509	23	9	9	0	1	0	0	0	13	13	479	23	0	0	5	2	
01051006	Barlt	2004-12	2288	133	77	37	1	2	2	0	1	51	49	1712	0	0	90	43	0	
01051008	Bergewährden	2004-12	264	11	7	2	0	0	0	0	0	5	5	211	0	0	3	29	0	

Das Liegenschaftskataster führt also grundstücks- und gebäudebezogene Geometrien und damit lediglich einen kleinen Teil der für eine Analyse der Siedlung- und Freiraumentwicklung relevanten topographischen Informationen. Der (heterogene) Erfassungsmaßstab der Katasterkarten ist im Hinblick auf deutschlandweite Auswertungen und die damit verbundene Datenmenge als übermäßig groß einzuschätzen. Außerdem stellen sich Fragen nach dem öffentlichen Zugriff sowie den Kosten, welche der Nutzung dieser Daten für Zwecke eines Monitorings entgegenstehen.

### 3.3 Klassifizierte Orthobilder

Digitale Luft- und Satellitenbilder stellen die wichtigste Grundlage topographischer und thematischer Kartierungen und Klassifikationen als Folgeprodukte dar. Verzerrungen durch fotografische Zentralprojektion sowie durch Geländehöhenunterschiede bzw. Erdkrümmung sind bei Orthobildern bereits eliminiert. Die Bildquellen liefern generell Daten zur Bodenbedeckung, aber nur teilweise zur Nutzungsart (z. B. Gebäudefunktion nur aus Zusatzinformationen ableitbar).

Für ein Flächenmonitoring sind nicht die Orthofotos (DOP) selbst, sondern nur die daraus abgeleiteten Flächennutzungsinformationen brauchbar. Deshalb sollen hier die von den Landesvermessungsbehörden angebotenen ATKIS DOP auch nicht betrachtet werden. Aus der Klassifikation von Orthobildern ergeben sich folgende Probleme:

- Klassifikationen sind nur in begrenzter Differenzierung und mit 80 % bis 90 % Güte möglich, was für ein Flächenmonitoring häufig unzureichend ist.
- Die Differenzbilddauswertung von Orthobildern (Change Detection) ist problematisch wegen unterschiedlicher Vegetation, Beleuchtungsverhältnisse usw.
- Einheitlich klassifizierte Daten aus Ortholuft- oder Satellitenbildern sind in Deutschland derzeit nicht verfügbar (außer CORINE Land Cover).
- Hohe Kosten entstehen, da die Klassifikationen ca. 3-5-fach, Kartierungen ca. 10-fach teurer als die Bilddaten selbst sind.

Ein bekanntes Beispiel für europaweit klassifizierte Orthobilder stellt die Datenbasis *CORINE Land Cover (Coordinated Information on the European Environment)* dar, die sich durch folgende Merkmale auszeichnet:

- Bodenbedeckung flächendeckend aus Satellitenbildern nach 44 Klassen abgeleitet (in Deutschland 37 Klassen relevant)
- Einheitliche Datenbasis für fast alle europäischen Staaten im Maßstab 1:100.000
- Thematische Genauigkeit > 85 %
- Klassifizierte, disjunkte Polygone (keine Überlagerungsflächen)
- Kostenfreier Datenbezug über EEA (European Environment Agency)
- Zeitschnitte ca. 1990 und 2000 bisher verfügbar
- Datenfortschreibung 2006 in Bearbeitung

In der Bundesrepublik ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) für das Projekt CORINE Land Cover verantwortlich. Zahlreiche raumbezogene Analysen, gerade zu wichtigen Umweltthemen, basieren auf diesen im europäischen Maßstab standardisierten Geodaten (u. a. Umweltbundesamt 2004, Feranec et al. 2007 und Beitrag Siedentop in diesem Band).

Außerdem wird die *Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung (BNTK)* auf Grundlage von Ortholuftbildern erarbeitet. Für die ostdeutschen Bundesländer liegt diese aufwändige Kartierung im Maßstab 1:10.000 auf Basis von CIR- (Color-Infrarot) Luftaufnahmen flächendeckend für den Zeitschnitt 1992/93 vor. Dagegen wurden in den westdeutschen Bundesländern auf dieser Basis nur ausgewählte Gebiete kartiert. Die Legenden der einzelnen Bundesländer sind ähnlich aufgebaut, aber eine einheitliche Legende der BNTK existiert nicht. In

Sachsen sind 39 Kartiereinheiten hierarchisch als Haupt- und Untergruppen sowie darunter weitere Bestände und Biotoptypen (ohne Überlagerungsflächen) ausgewiesen. Neben der Fokussierung auf Biotoptypen des Freiraumes existieren auch zahlreiche Biotop- und Nutzungstypen im Bereich von Siedlung und Infrastruktur.

Zur Aktualisierung der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung wurde in Sachsen-Anhalt erstmalig im Jahr 2005 eine zweite landesweite Befliegung mit einem Zeilenscanner als Grundlage für eine durchgängig digitale Bearbeitung durchgeführt (siehe Nagel 2007). Inzwischen liegen außerdem die Vektordaten der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (BTLNK) in Sachsen 2005 vor (aktuelles Beispiel siehe Abb. 5).

Das *Entwicklungsprojekt DeCOVER* verspricht Flächennutzungsdaten mit hoher räumlicher Auflösung (5 m) und einer Mindestflächengröße von 0,5 ha. Mit diesem Geoinformationsdienst könnten in Zukunft 39 Objektarten zur Bodenbedeckung bzw. Flächennutzung aus fünf Objektkategorien (Urbane Räume,

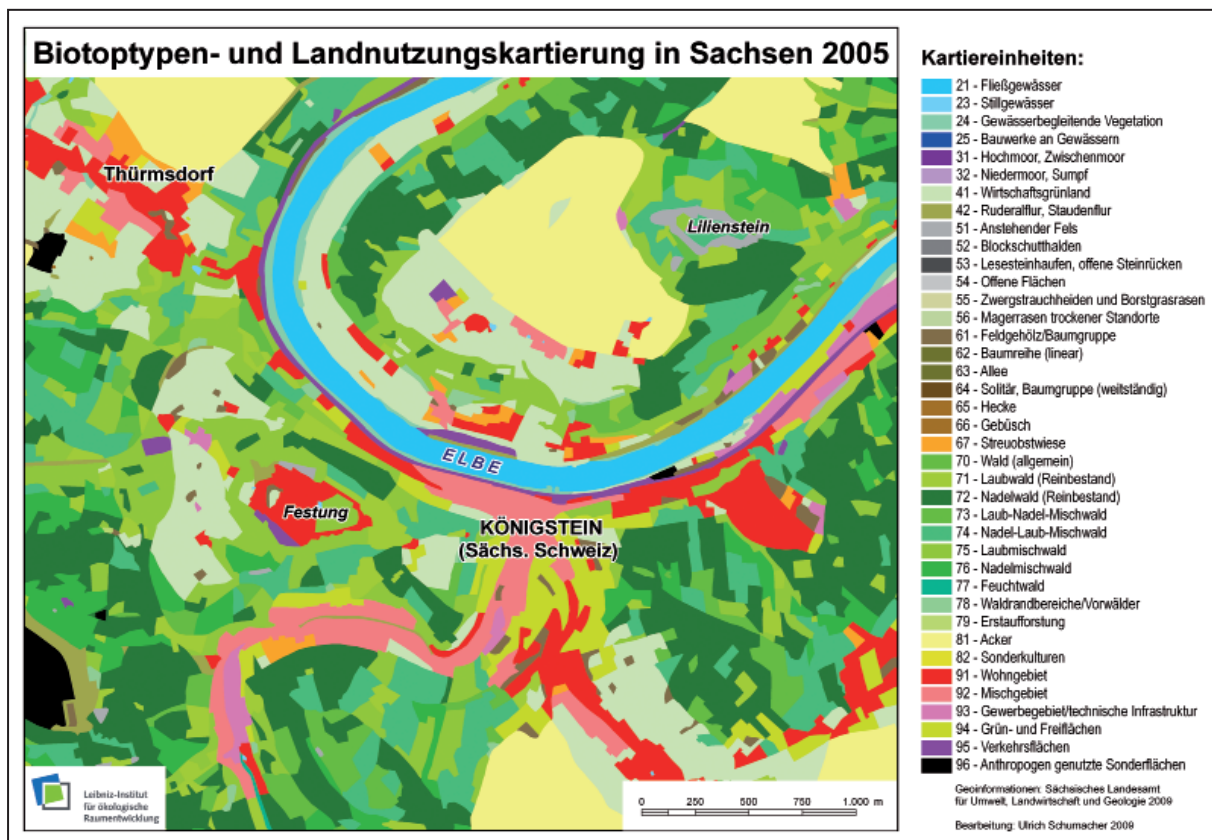


Abb. 5: Biotoptypen- und Landnutzungskartierung 2005 in Sachsen (Ausschnitt aus der Nationalparkregion Sächsische Schweiz)  
(Datenquelle: LfULG Sachsen, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher, IÖR 2009)

Wald, Gewässer, agrarisches und naturnahes Offenland) im Maßstab 1:25.000 aus Satellitendaten (Kombination von optischen und Radardaten) differenziert werden (Büscher & Buck 2007, DeCOVER 2008). Allerdings beträgt die minimale thematische Genauigkeit nur 80 %.

Als Besonderheit ist bei DeCOVER die Interoperabilität durch semantische Objektarten-Modellierung hervorzuheben. Über Applikationsontologien wurden die Objektarten folgender Kataloge abgebildet:

- ATKIS Basis-DLM (alle flächenhaften Elemente),
- BNTK (Biotop- und Nutzungstypen nach Kartierungssystematik),
- CLC 2000 (gemäß Spezifikation der Europäischen Umweltagentur) und
- GMES (gemäß Spezifikation von Regional Land Cover).

Mit dem DeCOVER-Diensteportal ist eine Web-Anwendung entwickelt worden, die eine dynamische Visualisierung der Landnutzung bzw. Bodenbedeckung sowie weiteren Hintergrundinformationen aus anderen Datenquellen ermöglicht (Herausgeber: EFTAS Fernerkundung im Rahmen des DeCOVER-Konsortiums). Gegenwärtig gibt es DeCOVER nur als Datenangebot für wenige Testgebiete in Deutschland. Ob auf Grundlage des Ausgangsdienstes in regelmäßigen Zeitabständen deutschlandweite Flächennutzungsdaten bereitgestellt werden, ist derzeit noch unklar.

Für das Monitoring ist es von essentieller Bedeutung, dass Luft- und Satellitenbilddaten eine aufwändige Klassifikation zur Generierung sicherer Flächennutzungsinformationen erfordern. Hinreichend genaue und zuverlässige Daten lassen sich nicht mit ausschließlich automatischen Verfahren ableiten, so dass eine zusätzliche manuelle Bearbeitung – vor allem in Bezug auf die Flächennutzungsattribute – notwendig ist. Dies erschwert den Aufbau stabiler Zeitreihen auf Basis klassifizierter Bilddaten jedoch stark.

### **3.4 AAA-Modell**

Im amtlichen deutschen Vermessungswesen wird das AFIS-ALKIS-ATKIS-Modell (AAA) zukünftig die Grundlage für eine einheitliche Struktur der Geobasisdaten bilden. Eine normbasierte Modellierung (entsprechend der ISO-Normenfamilie 19100 und Spezifikationen des Open GIS Consortiums) gilt sowohl für das Datenmodell als auch für das Austauschformat. Dabei spielt das ATKIS Basis-Landschaftsmodell (ab Version 6.0) in entsprechend modifizierter Struktur



eine zentrale Rolle (siehe Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland 2008). Durch die Harmonisierung von Objektarten und den Datenaustausch kann die Erfassung bestimmter Informationen für ALKIS und ATKIS redundanzfrei erfolgen.

Beim ATKIS Basis-DLM 6.0 gibt es einige semantische Neuerungen gegenüber dem bisherigen Landschaftsmodell. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei der Frage nach Überlagerungen von Objekten. Der neue Objektartenbereich „Tatsächliche Nutzung“ stellt die Erdoberfläche lückenlos, überschneidungsfrei sowie flächendeckend dar und enthält die Objektartengruppen Gewässer, Siedlung, Vegetation und Verkehr mit insgesamt 36 Objektarten als Grundflächen. Wenn diese Objekte auf der Erdoberfläche liegen, dürfen sie sich gegenseitig nicht überlagern. Damit stellen beispielsweise eine Grünanlage und ein in ihr befindlicher Teich zwei separate und disjunkte Flächen dar. Es wird allerdings auch weiterhin zahlreiche Überlagerungen von Objektarten geben, die im Rahmen des AAA-Modells nicht nur möglich, sondern auch notwendig sind (z. B. Bauwerke und Einrichtungen in Siedlungsflächen). Gerade im Hinblick auf das Monitoring ist eine klare Differenzierung zwischen Grund- und Überlagerungsflächen bei topographischen Objekten sehr wichtig.

#### **4 Lösung für administrative Bezugsgeometrie**

Die administrative Bezugsgeometrie besitzt zentrale Bedeutung für die Berechnung raumbezogener Indikatoren im Rahmen eines Flächenmonitorings. Hier gibt es bei den amtlichen mittelmaßstäbigen Geobasisdaten in Deutschland gegenwärtig erhebliche Defizite. Zur Schließung dieser Datenlücke wurde am IÖR eine eigenständige Lösung für den Aufbau einer Geodatenbasis der Verwaltungsgrenzen im Zielmaßstab 1:25.000 erarbeitet und mit VG 25 – in Anlehnung an die VG 250 des BKG bezeichnet (siehe Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2008b). Die Aufgabe besteht in der Bereinigung der Flächengeometrie für die Objektart 7101 (Verwaltungseinheit) aus dem ATKIS-Basis-DLM, insbesondere der Korrektur von Grenzen sowie dem Zusammenfügen von Polygonen, die zu einer Gemeinde gehören. Außerdem werden die Attribute aller Objekte einheitlich vergeben, was vor allem hinsichtlich des AGS (amtlicher Gemeindegemeinschaften) wichtig ist. Dafür finden folgende Referenzdaten Verwendung:

- Verwaltungsgrenzen 1:250.000 (VG 250) des BKG,
- Rasterdaten TK 25 und TK 50 der Landesvermessungsbehörden und
- Gemeindeverzeichnisse der amtlichen Statistik.

Darüber hinaus sind zahlreiche Sonderfälle zu behandeln, so bei Küstengewässern an Nord- und Ostsee. Beispielsweise gehört ein Teil des Boddengewässers zur Gemeindefläche der Hansestadt Stralsund (siehe schraffierte Fläche in Abb. 6). Dies wird in einem neuen Attribut über Küstengewässer vermerkt, aber – im Unterschied zu den VG 250 – keine Gemeindeteilung vorgenommen. Damit ist jede Gemeinde in der Geodatenbasis durch genau ein Polygon (entweder Singlepart oder Multipart beim Auftreten von Exklaven) repräsentiert.

Nach der Bearbeitung der Sonderfälle und anschließender Validierung kann die räumliche Aggregation der Gemeinden zu Kreisen, Bundesländern und dem Staatsgebiet der Bundesrepublik Deutschland als einheitliche administrative Bezugsgeometrie erfolgen.

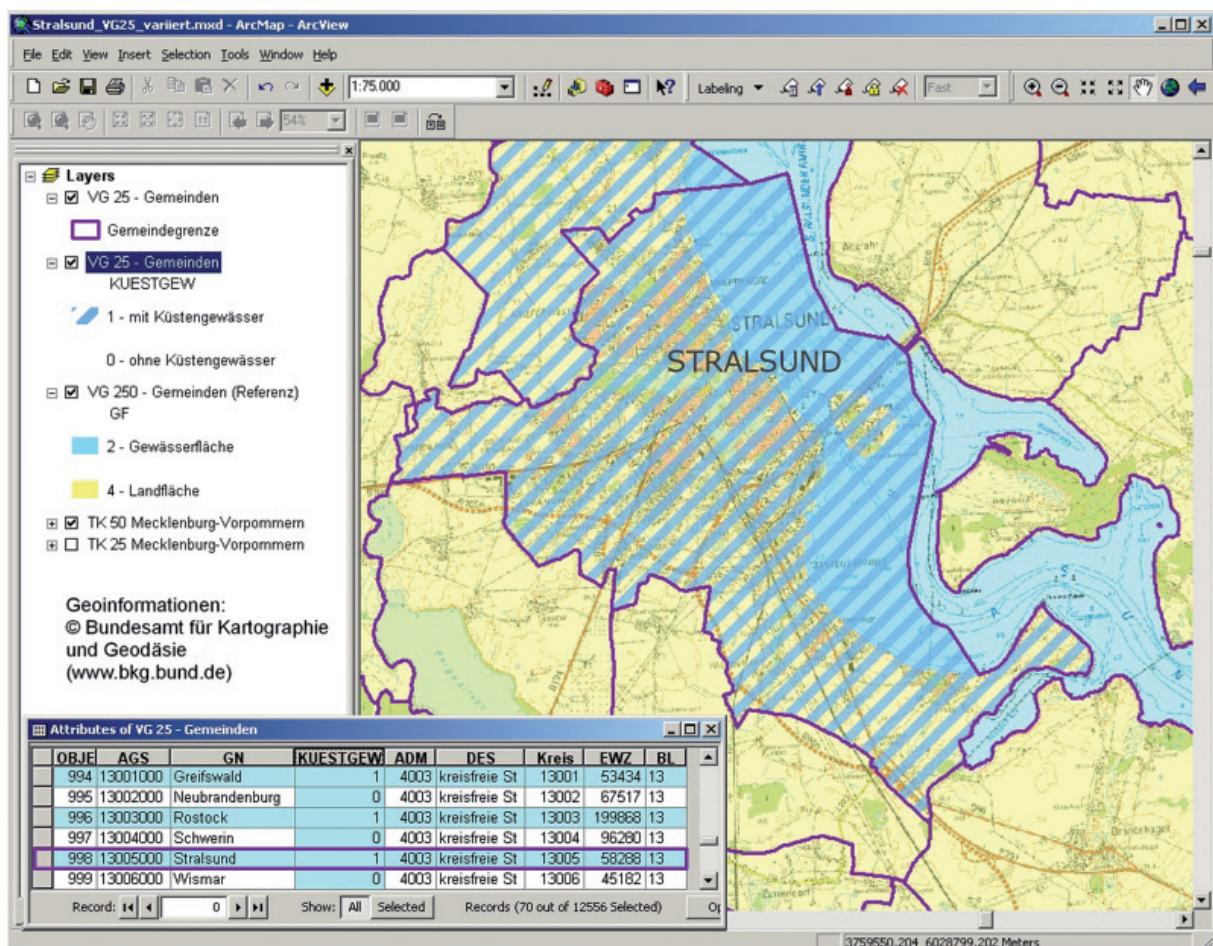


Abb. 6: Administrative Bezugsgeometrie auf Gemeindebasis 1:25.000 mit Anteil Küstengewässer in ArcGIS (Beispiel: Stralsund)  
(Datenquelle: BKG, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher und S. Witschas, IÖR 2009)

## 5 Geobasisdaten im Vergleich

Hier werden das ATKIS Basis-DLM, das Liegenschaftskataster-Informationssystem ALKIS und ausgewählte klassifizierte Orthobilder miteinander verglichen. Anhand verschiedener Merkmale sollen diese Geobasisdaten (im erweiterten Sinne) nach ihrer Eignung für ein Flächenmonitoring bewertet werden (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Wichtige Geobasisdaten und ihre Eignung für ein Flächenmonitoring  
(Quelle: Eigene Bearbeitung)

Merkmale	ATKIS (Basis-DLM)	ALK(IS)	Klassifizierte Orthobilder
Flächendeckende Verfügbarkeit in Deutschland	ja	ja	verschieden (CORINE: ja, BNK: nein)
Einheitliche Datenstruktur (räumliche Vergleichbarkeit)	ja	ja	teilweise
Gesetzlicher Fortschreibungsauftrag	ja	ja	nein
Öffentlicher Datenzugang	ja	stark eingeschränkt	ja
Aktualität	ca. 1 bis 5 Jahre	relativ aktuell	verschieden
Nutzungsgliederung (Klassen / Objektarten)	hoch	gering	verschieden
Erfassungsmaßstab	1:5.000 bis 1:10.000 (Bayern 1:25.000)	1:500 bis 1:5.000	quellenabhängig
Elementarinformation	topographisches Objekt	Grundstück/ Gebäude	quellenabhängig
Überlagerung von Polygonobjekten	sehr häufig	teilweise	meist keine
Komplexität der Datenstruktur	sehr komplex	mäßig komplex	relativ einfach
Verknüpfung mit Geofachdaten	möglich	möglich	quellenabhängig
Ableitung von Änderungsinformationen	generell möglich	generell möglich	teilweise möglich
Aufwand bzw. Kosten für Monitoring	moderat	unkalkulierbar hoch	quellenabhängig
Eignung als Grundlage für Frühindikatoren	nein	bedingt	möglich
Homogenität der Datenformate	ja	nein	teilweise
Zentrale Datenbeschaffung	möglich (BKG)	nicht möglich	quellenabhängig
Derzeitige Nutzung für Flächennutzungsanalyse	nein (im IÖR geplant)	ja	teilweise

Die flächendeckende Verfügbarkeit, eine einheitliche Datenstruktur für alle Raumeinheiten sowie die gesetzlich gesicherte Fortschreibung in Deutschland sind sowohl bei ATKIS als auch bei ALKIS gewährleistet. Während der öffentliche Datenzugang bei ATKIS prinzipiell ohne Probleme möglich ist, erweist sich der Zugang zu ALKIS jedoch als stark eingeschränkt. Eine zentrale Datenbeschaffung kann bei ATKIS über das BKG-Geodatenzentrum erfolgen, womit die Homogenität der Datenformate gewährleistet ist. Dagegen wären die zugänglichen ALKIS-Daten gegenwärtig über die jeweiligen unteren Vermessungsbehörden der Landkreise und kreisfreien Städte zu beziehen.

Der Erfassungsmaßstab des ATKIS Basis-DLM (1:10.000 im Mittel) ist zwar kleiner als bei ALKIS (1:1.000 im Mittel), aber für Zwecke eines bundesweiten Flächenmonitorings als völlig ausreichend einzuschätzen. Die Nutzungsgliederung, d. h. die Anzahl von Klassen zur Charakterisierung der Raumobjekte, ist beim ATKIS Basis-DLM wesentlich größer als bei ALKIS, was sowohl für den Siedlungsraum als auch für den Freiraum gilt. Dies hängt mit der räumlichen Elementarinformation zusammen: Während sich ALKIS nur auf Grundstücke bzw. Gebäude bezieht, umfasst ATKIS das gesamte Spektrum topographischer Objekte (bis auf die Gebäude, die nicht in ATKIS 6.0 enthalten sind). Hier lässt das Basis-DLM zahlreiche Überlagerungen verschiedener Objektarten zu, die bei den Flächenberechnungen und anderen Auswertungen explizit zu berücksichtigen sind. Es existiert die Möglichkeit der Verknüpfung von Geobasisdaten aus ATKIS wie aus ALKIS mit Geofachdaten auf der entsprechenden Ebene über die jeweiligen raumbezogenen Schlüssel. Ebenfalls ist die Ableitung von Änderungsinformationen bei beiden Systemen generell möglich. Einen Vorteil dürften ALKIS-Daten durch ihre permanente Laufendhaltung als Grundlage von Frühindikatoren der Flächennutzungsentwicklung besitzen.

Die Bereitstellung von Geodaten früherer Zeitschnitte (ggf. durch Digitalisierung, Georeferenzierung und Aufbereitung von analogem Kartenmaterial) für die topographische bzw. katastermäßige Basisinformation stellt eine umfangreiche und separate Aufgabe dar, die hier nicht näher erörtert werden soll.

Das Datenvolumen des bundesweiten ATKIS Basis-DLM ist sehr groß, mit Hilfe moderner GIS-Technologien (z. B. auf Basis von ArcGIS File-Geodatabase, ArcServer) aber beherrschbar. Für ALKIS lassen sich das Datenvolumen und die damit verbundenen Probleme derzeit nicht genau abschätzen. Damit kann der Aufwand für ein Monitoring auf Grundlage von ATKIS grob als moderat, auf Grundlage von ALKIS aber als unkalkulierbar hoch eingeschätzt werden. Dies dürfte folglich auch für die Kosten gelten.

Die Bewertung klassifizierter Orthobilder nach den angegebenen Merkmalen zeigt ein heterogenes Erscheinungsbild. Damit kommen diese (nicht zu den Geobasisdaten im engeren Sinne zählenden) Daten auch nicht in die engere Wahl für ein langfristiges bundesweites Flächenmonitoring.

## 6 Fazit

Wichtige Argumente sprechen für die grundsätzliche Verwendung des ATKIS Basis-DLM als zentrale Geodatenbasis für ein Monitoring der Siedlungs- und Freiraumentwicklung in Deutschland. Dies betrifft vor allem die flächendeckende Erfassung topographischer Informationen, die gesetzlich gesicherte Datenfortschreibung, der ausreichend detaillierte Erfassungsmaßstab, die zentrale und einheitlich strukturierte Datenhaltung, der öffentliche Datenzugang sowie die moderaten Kosten. Die hohe Komplexität sowie die vorhandenen und in diesem Beitrag aufgezeigten Probleme verursachen erhöhte Aufwendungen bzw. erschweren die Anwendung dieser Daten für Zwecke des Monitorings; andere Geobasisdaten bieten im Vergleich jedoch keine sinnvolle Alternative. Zukünftig wird das AFIS-ALKIS-ATKIS-Projekt (AAA) im amtlichen deutschen Vermessungswesen die Grundlage für eine einheitliche, redundanzfreie und auf internationalen Standards basierende Modellierung der Geobasisdaten bilden, wobei das ATKIS Basis-Landschaftsmodell in entsprechend modifizierter Struktur eine zentrale Rolle spielen wird.

## Literatur

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2003): Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem ATKIS – Objektartenkatalog Basis-DLM, Version 3.2. [http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst\\_start4?dst\\_oar=1000&inf\\_sprache=deu&c1=1&dst\\_typ=25&dst\\_ver=dst&dst\\_land=ADV](http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start4?dst_oar=1000&inf_sprache=deu&c1=1&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=ADV)

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2008): AFIS – ALKIS – ATKIS. Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok). Erläuterungen zum ATKIS Basis-DLM, Version 6.0. <http://www.adv-online.de/icc/extdeu/broker.jsp?uCon=68470b36-de06-8a01-e1f3-351ec0023010&uBasVariantCon=11111111-1111-1111-1111-111111111111>

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2009): Grundsätze des amtlichen Vermessungswesens – Präambel.  
<http://www.adv-online.de/icc/extdeu/nav/7be/broker.jsp?uMen=f4b70369-ac20-3bff-de23-50376a112976>
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2008a): Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM). Dokumentation Stand 14.10.2008.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2008b): Verwaltungsgrenzen 1:250.000 (VG 250). Dokumentation Stand 06.11.2008.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2009): Schutzgebiete in Deutschland, LANIS-BUND.  
<http://www.bfn.de/geoinfo/fachdaten>
- Büscher, O.; Buck, O. (2007): DeCOVER – GeoInformation Services to Update and Supplement Land Cover Data for German Decision Makers. In: Kremers/Lessing (Eds.): LCL 2007, International CODATA Symposium on LandCover Logic, Bonn, Lecture Notes in Information Sciences, 1-9.
- DeCOVER (2008): Schlussbericht.  
<http://www.decover.info>
- Feranec, J.; Hazeu, G.; Christensen, S.; Jaffrain, G. (2007): Corine land cover change detection in Europe. In: Land Use Policy, H. 24(2007),1, 234-247.
- Gericke, D.; Katzur, L. (2004): Die Realisierung der Spitzenaktualität durch den Topographischen Informationsdienst. Vermessung Brandenburg. H. 9(2004)2, 42-53.
- Jäger, E. (2003): ATKIS als Gemeinschaftsaufgabe der Länder und des Bundes. In: Kartographische Nachrichten, H. 53(2003)3, 113-119.
- Nagel, H. (2007): Zweite landesweite Color-Infrarot-Luftbild-gestützte Biotop-typen- und Nutzungstypenkartierung im Bundesland Sachsen-Anhalt. In: Strobl/Blaschke/Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2007. Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann, Heidelberg, 488-494.
- Projektteam ALKIS-Objektkatalog Brandenburg (2003): Strukturreform des amtlichen Vermessungswesens. Der Grunddatenbestand des Liegenschaftskatasters. Bericht vom 30. Oktober 2003.
- Reinhold, K.; Plötner, L. (2008): ATKIS Basis-DLM und AAA-Projekt am Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. Vortrag auf dem ESRI-Anwendertreffen Mitteldeutschland am 8.4.2008; Leipzig.

Statistisches Bundesamt (2005): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. Fachserie 3 / Reihe 5.1. Allgemeine und methodische Erläuterungen, Nutzungsartenkatalog und Länderergebnisse der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung zum 31.12.2004; Wiesbaden.

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

# Indikatoren



## **Umweltindikatoren: Die Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr sowie weitere relevante Indikatoren zum Zustand von Flächen und Böden**

Anforderungen an das Flächenmonitoring aus Sicht des Umweltbundesamtes

Gertrude Penn-Bressel

### **Zusammenfassung**

Die Fortschritte bei der Anwendung von Indikatoren zum Zustand von Flächen und Böden, die vom Umweltbundesamt im Jahr 2003 zur Anwendung empfohlen wurden, werden diskutiert.

Der Artikel behandelt bundesweite Indikatoren zur Versiegelung von Böden und Zerschneidung der Landschaft und geht in diesen Themenfeldern auch auf neu entwickelte Indikatoren und ihre mögliche Anwendung im Rahmen der strategischen Umweltprüfung ein. Es wird der mangelhafte Fortschritt im Bereich des Indikators Brachflächenpotenziale diskutiert und die Entwicklung eines neuen Indikators zum Bestand an fruchtbaren Böden angeregt, um eine Handhabe für den verbesserten Schutz fruchtbarer Böden zu schaffen.

Die fiskalische und wirtschaftliche Bedeutung lokaler und regionaler Indikatoren zu Baulandbeständen und Wohnraumpotenzialen wird erörtert und eine stringendere Anwendung dieser Indikatoren durch Kommunen und Planungsträger empfohlen.

Die zeitliche Entwicklung und die Qualität der Messergebnisse zum Indikator „Siedlungs- und Verkehrsfläche“ werden ausführlich dargestellt und diskutiert. Die strategische Bedeutung des Indikators für eine insgesamt nachhaltige Entwicklung wird erläutert. Es werden beispielhaft Ergebnisse vorgestellt, wie das 30-ha-Ziel der Bundesregierung auf Länder und Regionen heruntergebrochen werden könnte.

Schließlich wird auf die zunehmende Raumbeanspruchung der Rohstoffgewinnung und erneuerbaren Energien hingewiesen und die Erarbeitung eines geeigneten Indikators angeregt.

## 1 Einleitung

Als Indikatoren im Bereich der Beeinträchtigung von Freiräumen und Böden eignen sich prinzipiell alle flächenbezogenen Größen, die einen Bezug zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung und daraus abgeleiteten Zielen haben und die helfen, eine Aussage zum jeweiligen Zielerreichungsgrad zu formulieren. Der limitierende Faktor bei der Formulierung von Indikatoren ist die (bundesweite) Datenverfügbarkeit in räumlich und zeitlich gleichbleibender Qualität. Wünschenswert wäre, dass in allen Bundesländern nach der gleichen Methode und bei einem Wechsel von Methoden zumindest zwei Jahre sowohl nach alter als auch nach neuer Methode erhoben wird.

Im 2. Abschnitt sind Indikatoren aufgelistet, die im Zusammenhang mit der Beeinträchtigung von Freiräumen und Böden verwendet werden können (siehe auch Beitrag Walz in diesem Band) und in einem Strategiepapier (Penn-Bressel 2003) aus dem Jahr 2003 vom Umweltbundesamt empfohlen wurden.

## 2 Übersicht über die Indikatoren

### 2.1 Bundesweite Indikatoren

#### ***Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche (im 4-Jahresdurchschnitt)***

*[Einheit: ha pro Tag]*

Auf diesen Indikator und seine strategische Bedeutung soll in den Abschnitten 5 und 6 dieses Artikels ausführlich eingegangen werden. Vor allem soll die These untersetzt werden, dass trotz der bekannten statistischen Artefakte in einzelnen Bundesländern dies – aus der Sicht einer nachhaltigen Entwicklung – der wichtigste Flächenindikator ist, den wir zur Verfügung haben (siehe auch Beitrag Siedentop in diesem Band).

#### ***Bodenversiegelung: Anteil der real versiegelten Böden an der Siedlungs- und Verkehrsfläche bzw. an der Gesamtfläche oder Fläche der versiegelten Böden***

*[Einheiten: % oder ha]*

#### ***Brachflächenindex: Jährliches Brachflächenrecycling im Verhältnis zum Brachflächenpotenzial (jeweils bezogen auf Siedlungs- und Verkehrsflächen)***

*[Einheit: ha / ha]*

**Ausdehnung von Schutzgebieten auf naturschutzrechtlicher Basis** (ggf. differenziert nach Schutzgebietstyp)

[Einheit: km<sup>2</sup>]

**Bestand der landwirtschaftlichen Flächen:** (ggf. differenziert nach Qualitäten)

[Einheit: km<sup>2</sup>]

(zzgl. daraus abgeleiteter Indizes, z. B. multipliziert mit Punkten nach Maßgabe, Bodengüte, Art der Bewirtschaftung)

**Landschaftszerschneidung:** Anzahl der unzerschnittenen verkehrsarmen Räume größer als xyz km<sup>2</sup> und / oder effektive Maschenweite  $M_{\text{eff}}$

[Einheiten: Dimensionslos und / oder km<sup>2</sup>]

Es wird im 3. Abschnitt berichtet, welche Erfahrungen mit diesen bundesweiten Indikatoren inzwischen vorliegen, wie weit die praktische Umsetzung bislang gediehen ist, wie diese bundesweiten Indikatoren künftig weiterentwickelt werden könnten und welche zusätzlichen Indikatoren wichtig oder wünschenswert sein könnten.

## 2.2 Regionale und lokale Indikatoren

Auf regionaler oder lokaler Ebene sind für die Umweltberichterstattung, für Natur- oder Bodenschutzvorsorgekonzeptionen sowie für eine sparsame Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen zusätzliche Indikatoren erforderlich und möglich. Praktische Bedeutung auf örtlicher oder regionaler Ebene im Hinblick auf das Flächensparen haben in den letzten Jahren – neben dem Indikator Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen – unter anderem auch folgende Kenngrößen erlangt:

**Bestand an rechtskräftig ausgewiesenem Bauland, erschlossenem Bauland, Siedlungsbrachen, Baulücken, Althofstellen u. a.** (zum Stichtag)

[Einheiten: ha und / oder m<sup>2</sup> pro Einwohner]

**Potenzial an Wohnraum,** der in den nächsten 10 Jahren frei wird (abgeleitet aus Einwohnermeldedatei)

[Einheiten: Anzahl (Wohneinheiten) oder m<sup>2</sup> (Wohnraum)]

Auch hier sollen im 4. Abschnitt einige Anregungen zur Anwendung und Weiterentwicklung der Indikatoren gegeben werden.

### 3 Die bundesweiten Indikatoren im Einzelnen

#### 3.1 Der Indikator „Bodenversiegelung“

##### 3.1.1 Aussagekraft

„Versiegelt“ sind überbaute, aber auch asphaltierte, betonierte oder auf andere Weise mit einer wasserundurchlässigen Schicht versehene Böden. Hingegen werden gepflasterte oder mit wassergebundenen Decken befestigte Böden, aber auch verdichtete Böden als „teilversiegelt“ bezeichnet, weil sie – trotz Befestigung – in der Regel immer noch ein wenig wasserdurchlässig sind. Die genaue Abgrenzung und Verrechnung teilversiegelter Böden bereitet in der Praxis gewisse Schwierigkeiten, so dass der Indikator „Bodenversiegelung“ mit Unsicherheiten behaftet ist.

Der Indikator „Bodenversiegelung“ soll ein Maß für die Beeinträchtigung von natürlichen Bodenfunktionen bezogen auf das betrachtete Gebiet darstellen. Insbesondere ist dieser Indikator ein Maß für die potenzielle Störung des lokalen Wasserhaushaltes und ein Hinweis auf den Beitrag zur lokalen oder regionalen Überschwemmungsgefährdung.

Der Anteil der real versiegelten Böden an der Siedlungs- und Verkehrsfläche wird häufig als Indiz für die mögliche Beeinträchtigung von Kleinklima und Wohnumfeldqualität herangezogen. Dabei ist allerdings dieser Indikator – ebenso wie alle Indikatoren, die auf Prozentzahlen beruhen – nicht vor Fehlinterpretationen gefeit. Eine hohe prozentuale Bodenversiegelung heißt nämlich nicht zwangsläufig, dass absolut viel Boden versiegelt ist. So wird zugunsten von Einfamilienhausgebieten gerne ins Feld geführt, sie seien wesentlich umweltschonender als die baulich verdichteten Innenstädte, weil ja die prozentuale Bodenversiegelung so erfreulich gering sei. Vergleicht man hingegen die Bodenversiegelung pro Einwohner in Einfamilienhausgebieten und in Innerstädtischen Gebieten mit Geschosswohnungsbau, so stellt sich heraus, dass in Einfamilienhausgebieten pro Einwohner wesentlich mehr Fläche als in verdichteten Gebieten versiegelt ist.

Übrigens können auch in einer prozentual relativ hoch versiegelten Stadt – bei zweckmäßiger und klimagerechter Gestaltung der Bebauung – die Wohnumfeldqualität und das Kleinklima sehr gut sein. Dichte Bebauung in Verbindung mit begrünten Fassaden und Innenhöfen sowie Laubbäumen auf Straßen und Plätzen kann trotz hohem Versiegelungsgrad ein angenehmes Kleinklima erzeugen. Dicht beieinander stehende Häuser können sich auch gegenseitig Schatten spenden – ein Effekt, der in südlichen Ländern häufig genutzt wird.

Aus diesen Gründen sollte man den Indikator „Anteil der Bodenversiegelung“ im Hinblick auf seine Aussagekraft für den Wasserhaushalt, das Kleinklima und die Wohnumfeldqualität auch nicht überinterpretieren.

Weniger anfällig für Fehlinterpretationen ist der Indikator hingegen als absolute Kennzahl („Fläche der versiegelten Böden“). Dies gilt vor allem dann, wenn er als Maß dafür herangezogen wird, in welchem Umfang Böden durch menschliche Aktivitäten so denaturiert wurden, dass sie ihre natürliche Bodenfruchtbarkeit ganz oder teilweise eingebüßt haben. Zusammen mit anderen Indikatoren zur Ressourcenvernichtung kann er als Indiz für die Nachhaltigkeit menschlichen Wirtschaftens dienen.

### 3.1.2 Zuverlässigkeit und Aufwand der Datenerhebung

Im Hinblick auf die Bodenversiegelung in Deutschland wurden in den letzten 20 Jahren von verschiedenen Autoren Zahlen für den prozentualen Versiegelungsgrad der Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie über die Fläche der versiegelten Böden innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsflächen veröffentlicht. Diese bezogen sich jedoch meist auf regionale Untersuchungen, z. B. Luftbilddauswertungen, und waren nicht bundesweit übertragbar.

Erste Versuche einer bundesweiten Schätzung auf der Basis regionaler Untersuchungen führten zu der lapidaren Aussage, etwa die Hälfte der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland sei versiegelt, mit deutlichen Schwankungen nach Regions- und Gemeindetyp (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Versiegelungsgrad von Siedlungs- und Verkehrsflächen, Stand 1996  
(Quelle: Bizer et al., zitiert nach UBA-Texte 90/03)

Flächennutzung	Gebäude- u. Freifläche	Betriebsflächen (ohne Abbauland)	Erholungsflächen, Friedhofsflächen	Verkehrsflächen	Siedlungs- u. Verkehrsflächen
Gemeindetyp	Versiegelungsgrad (%)				
Großstadt	70	80	38	80	67
Gemeinde	55	39	28	48	45-50

Dosch et al. veröffentlichte 2003 eine Schätzung, nach der 40 %-45 % der Siedlungs- und Verkehrsflächen versiegelt seien, aber auch 0,5 % der Katasterflächen außerhalb der Siedlungs- und Verkehrsflächen, bundesweit also etwa 6 % der Katasterfläche, das sind 2 000 000 ha.

Ein Unterausschuss der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) unternahm im Jahr 2006 den Versuch einer Hochrechnung auf der Basis von Siedlungsflächendichten, d. h. der Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Landesfläche ( $\text{ha}/\text{km}^2$ ). Leitgedanke war der durch Beobachtung belegte Trend, dass der prozentuale Versiegelungsgrad von Siedlungs- und Verkehrsflächen umso höher ausfällt, je höher der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der gesamten Katasterfläche bereits ist. Dicht besiedelte Stadtstaaten sind prozentual besonders hoch versiegelt, während dünn besiedelte Flächenländer deutlich geringere Anteile an versiegelter Fläche innerhalb ihrer Siedlungsgebiete aufweisen.

Auf der Basis von Erfahrungswerten aus Regionen oder Bundesländern mit guter Datenbasis (z. B. Luftbilddauswertungen) wurden die Hochrechnungen für das Gebiet jedes<sup>1</sup> einzelnen Bundeslandes und des Bundes durchgeführt. Das Verfahren ist valide für die Berechnung der Versiegelung auf Landesebene oder auf der Ebene großer Regionen, eignet sich jedoch nicht für kleinräumige oder lokale Berechnungen.

Die Alternative zu derartigen – zugegebenermaßen groben – Hochrechnungen ist die manuelle Auswertung von Luftbilddaufnahmen, ein mühsames und relativ teures Verfahren.

Preiswerter könnte künftig die automatische Auswertung von Luftbilddaufnahmen kommen, ggf. auch GIS-gestützt, wobei zusätzlich kartographische Daten der Vermessungsämter, insbesondere die Liegenschaftskataster, für die Absicherung der automatischen Auswertung herangezogen werden könnten. Jedoch befinden sich diese Verfahren immer noch in der Erprobung. Immerhin hat die Entwicklung und Optimierung derartiger Verfahren im Verlauf des BMBF-Forschungsprogramms REFINA deutliche Fortschritte gemacht.

Weitere Forschung zu diesem Thema könnte z. B. im Rahmen des BMBF-Programms „Nachhaltige Landnutzung“ angestoßen werden. Wenn die Forschungsaktivitäten weiter voranschreiten, ist es durchaus denkbar, dass nicht nur für einzelne Gemeinden oder Regionen, sondern auch für Bundesländer oder das Bundesgebiet zunehmend häufiger automatisierte Messungen für „Momentaufnahmen“ mit höherer Präzision eingesetzt werden.

---

<sup>1</sup> Da Sachsen-Anhalt bei der Erhebung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den letzten Jahren einige gravierende statistische Artefakte produziert hat, wurde das Bundesland bei dieser Hochrechnung ausgespart.

Allerdings hat der technische Fortschritt auch seine Tücken, denn technische Innovationen sind der natürliche Feind der Zeitreihe. Für gemessene Zeitreihen für eine bestimmte Region muss die Technik hinreichend standardisiert und über längere Zeiträume stabil bleiben. Denn sonst kann nicht mit Sicherheit quantifiziert werden, welche gemessene Veränderungen auf Realität beruhen und welche auf veränderter Technik<sup>2</sup>.

Aufgrund der bisher vorliegenden Erfahrungen mit Fernerkundungsdaten empfehlen sich für interpretationsfähige Zeitreihen (derzeit) nur Modellrechnungen.

### 3.2 Der Indikator „Brachflächenindex“

Ein Brachflächenindex wäre wünschenswert, um zum einen Aussagen darüber treffen zu können, in welchem Umfang innerhalb der Siedlungsbereiche Wiedernutzungspotenziale zu Verfügung stehen und um zum anderen schätzen zu können, inwieweit es gelungen ist, diese Potenziale in neue Nutzungen zu bringen.

Ein bundesweiter Brachflächenindex krankt derzeit an dem Umstand, dass die Datengrundlage schon im Jahr 2000 nicht besonders gut war und sich in den letzten Jahren tendenziell eher verschlechtert hat. Aufgrund der Angaben einiger Länder im Rahmen der Flächenstatistik des Statistischen Bundesamtes (siehe auch Beitrag Deggau in diesem Band) konnten für das gesamte Bundesgebiet die Siedlungsbrachen auf etwa 139 000 ha geschätzt werden (Penn-Bressel et al. 2003, 43). Gegenüber dem Jahr 1996 wurde der Zuwachs der Brachen auf etwa 9,4 ha pro Tag geschätzt.

Seit dem Jahr 2000 haben einige Bundesländer, die damals noch differenzierte Daten erhoben hatten, ihre Bemühungen – aus welchen Gründen auch immer – eingestellt und geben ungenutzte Flächen nicht mehr gesondert aus. Aus diesen Gründen liegt ein bundesweiter valider Index zum Thema Brachflächen noch in weiter Ferne.

Ein Vergleich ehemaliger Brachflächen mit ihren alten und neuen Nutzungen ist auf der Basis der Flächenstatistik ohnehin nicht möglich, da die Flächen und ihr Werdegang im Zeitverlauf nicht individuell nachvollzogen werden können.

---

<sup>2</sup> Zum Beispiel CORINE Land Cover, wofür nun zwei Zeitschnitte mit unterschiedlicher Präzision vorliegen, was die Interpretation von Veränderungen sehr erschwert.

Auch ATKIS-basierte Systeme, die auf Luftbildaufnahmen beruhen und zeitreihenfähig sind, können hier nur mit Einschränkungen weiterhelfen, weil aus der Luft nicht sicher zu erkennen ist, ob z. B. Gebäude noch genutzt werden oder nicht.

### **3.3 Der Indikator „Landwirtschaftsflächen und fruchtbare Böden“**

#### **3.3.1 Bedeutung für den Umwelt-, Natur und Ressourcenschutz**

Die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen geht fast ausschließlich zu Lasten der Landwirtschaftsflächen und fruchtbaren Böden. Die Zerstörung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit durch Bebauung und Versiegelung ist nahezu irreversibel und nicht ausgleichbar.

Landwirtschaftsflächen und fruchtbare Böden sind global begrenzt; bei wachsender Bevölkerung werden sie pro Kopf immer knapper<sup>3</sup>. Die Folge sind Raubbau und Verteilungskämpfe. Wenn Flächen knapp sind, muss pro Fläche auch intensiver gewirtschaftet werden, daraus resultiert ein höherer Pestizid-Einsatz, steigender Energieverbrauch für die Düngemittelproduktion sowie eine Zunahme der Klimagas-Emissionen und der Eutrophierung von Gewässern.

Intensivere Bewirtschaftung fördert Bodenverdichtung, Erosion, Bodenversalzung, gefährdet u. U. aber auch die biologische Vielfalt. Durch die Intensivierung der Nutzung werden nicht nur Lebensräumen für wildlebende Arten degradiert, sondern durch den Einsatz von Hochleistungssorten wird auch die genetische Vielfalt von Nutzpflanzen Besorgnis erregend eingeschränkt.

Der Verlust von Landwirtschaftsflächen bedeutet auch den Verlust künftiger Optionen für Extensivierung, Ökolandbau, Biotop, Erholungslandschaften sowie für den Anbau von Lebens- und Futtermitteln, nachwachsenden Rohstoffen für die stoffliche Verwertung und für die Erzeugung von Bioenergie.

Aus all diesen Gründen sollten Landwirtschaftsflächen und fruchtbare Böden besser geschützt werden. Besserer Schutz der Landwirtschaftsflächen heißt im Umkehrschluss eine erschwerte Zersiedelung – vor allem fruchtbarer Bö-

---

<sup>3</sup> In Deutschland stehen pro Kopf der Bevölkerung ca. 2 100 m<sup>2</sup> Landwirtschaftsfläche zur Verfügung. Der Verbrauch landwirtschaftlicher Produkte entspricht jedoch einer Fläche von 2 500 m<sup>2</sup> pro Kopf. Wir importieren also derzeit ca. 400 m<sup>2</sup> Landwirtschaftsfläche pro Einwohner aus dem Ausland. Wenn der Einsatz von Biosprit und Biodiesel weiter steigt, wird sich auch der Flächenimport Deutschlands weiter erhöhen.



den. Derzeit werden innerhalb der Landwirtschaftsflächen in der Tendenz sogar eher die besonders fruchtbaren Böden versiegelt (Siedentop et al. 2006). Dies geschieht zum einen, weil aus historischen und topographischen Gründen Ballungsgebiete eher in fruchtbaren Ebenen und Talauen gewachsen sind. Zum anderen gelten weniger fruchtbare Böden derzeit – aus Sicht des Naturschutzes – als ökologisch wertvoller<sup>4</sup> und werden deshalb etwas besser geschützt als die Böden mit hoher natürlicher Fruchtbarkeit, zumal wenn sie sich unter intensiver landwirtschaftlicher Nutzung befinden.

### 3.3.2 Anforderungen an den Indikator

Ein solcher Indikator könnte als Planungsgrundlage zum absoluten Schutz von besonders fruchtbaren Böden, z. B. mit einer Bodenzahl größer 60 dienen, die dann durch die Länder z. B. als Bodenschutzgebiete nach § 21 BBodSchG ausgewiesen werden könnten. Aber auch die räumliche Planung könnte sich dieses Indikators für die Ausweisung von „Vorranggebieten für die Landwirtschaft“ als Ziel der Raumordnung bedienen. Damit wäre das fruchtbarste Drittel der Landwirtschaftsflächen einem weiteren Zugriff entzogen.

Unter der Voraussetzung, dass der Naturschutz sich weiterhin dem Schutz der am wenigsten fruchtbaren Böden annimmt, kämen dann allerdings Böden mit „mittlerer“ Fruchtbarkeit stärker unter Siedlungsdruck. Außerdem würde ein Indikator, der nur auf sehr fruchtbare Böden abstellt, nicht in Regionen greifen, in denen solche Böden natürlicher Weise nicht vorkommen.

Um auch hier weitere Grenzen zu setzen, müsste ein weiterer Indikator als Planungsgrundlage zum Schutz der regional fruchtbarsten Böden in „genügend“ großer Menge geschaffen werden. So hat zum Beispiel die Stadt Stuttgart ein Bodenkonto auf der Basis der im Stadtgebiet vorhandenen „Bodenpunkte“ eröffnet und sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 nur einen bestimmten Prozentsatz der verfügbaren „Bodenpunkte“ zu verbrauchen.

Auf welche Art handhabbare Bodenindikatoren geschaffen werden können, die in der Planung und in der Öffentlichkeit und bei den betroffenen Landwirten Akzeptanz finden, will das UBA in der nächsten Zeit mit den relevanten Verbänden sowie Planungspraktikern diskutieren.

---

<sup>4</sup> Wegen der generell wachsenden Eutrophierung von Böden (hoher Düngemiteleintrag, Eintrag von Stickoxiden aus der Luft) werden magere Böden immer seltener und damit auch Biotope, die magere Böden lieben.

### **3.4 Der Indikator „Landschaftszerschneidung“**

#### **3.4.1 Bedeutung für den Umwelt-, Natur- und Ressourcenschutz**

Landschaftszerschneidung zeitigt nicht nur Umweltauswirkungen, sondern kann auch handfeste ökonomische und soziale Konsequenzen nach sich ziehen. Die Zerstückelung von Feldern und Wäldern durch Autobahnen oder Schienentrasse zwingt die langsamen Fahrzeuge der Land- und Forstwirtschaft zu Umwegfahrten. Dies verursacht Verluste an Arbeitszeit, einen höheren Spritverbrauch und damit höhere betriebliche Kosten. Auch schwach und nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer profitieren nicht von schneller Verkehrsinfrastruktur, sondern werden zu zeitraubenden Umwegen gezwungen oder von ihren gewohnten Zielen völlig abgeschnitten – es sei denn, sie steigen um auf ein höher motorisiertes, schnelleres Fahrzeug.

Landschaftszerschneidung durch Verkehrswege bringt auch immer Lärmbelastungen mit sich. Ruhige Räume für die menschliche Erholung gehen dadurch verloren. Unter dem Lärm leiden aber auch bestimmte Tierarten, z. B. Vogelarten, die für die akustische Kommunikation untereinander oder für die Brutpflege auf Ruhe angewiesen sind (Reck et al. 2002).

Ebenso gravierend kann sich die Zerstörung von Lebensraumnetzen durch Verkehrswege auswirken. Zum einen fallen Jahr für Jahr viele Wildtiere Verkehrsunfällen zum Opfer, wenn sie versuchen, auf ihren Wanderungen Straßen zu überqueren. Dieser Verlust an Individuen kann sich – vor allem bei Arten, von denen es in Deutschland nicht mehr viele Individuen gibt – fatal für den Bestand der Art insgesamt auswirken. Zum anderen bedeutet die Zerschneidung von Lebensräumen, dass innerhalb einer Art räumlich voneinander getrennte Teilpopulationen entstehen. Ist eine Teilpopulation zu klein, droht sie genetisch zu verarmen, was wiederum ihre Verletzlichkeit gegenüber Krankheitserregern oder Klimaschwankungen erhöht. Dies kann unter ungünstigen Umständen zur völligen Ausrottung von Teilpopulation führen – und am Ende u. U. auch zum Verlust der gesamten Art.

Ein Verlust der biologischen Vielfalt durch das Aussterben von Teilpopulationen oder auch ganzer Arten bedeutet auch einen Verlust natürlicher Ressourcen, denn lebende Organismen haben im Verlauf ihrer langen Evolution viele Fähigkeiten und Fertigkeiten entwickelt (z. B. vielfältige Leistungen des Stoffwechsels und des Immunsystems, unterschiedliche Methoden zur Anpassung an Wärme,

Kälte, Nässe oder Trockenheit u. a.), aus denen wir in Zukunft Ideen und Erkenntnisse für die Lösung praktischer Probleme gewinnen könnten – wenn die Art und ihre genetische Vielfalt erhalten bliebe.

### 3.4.2 Anwendung von Teilindikatoren

#### *Pauschale Bewertungen der Landschaftszerschneidung*

Der Messwert von Indikatoren zur Landschaftszerschneidung ist davon abhängig, welche Zerschneidungselemente (z. B. Straßennetz: überörtlicher Verkehr mit mehr als 1 000 Kfz/Tag, Schienennetz: zweigleisige Strecken in Betrieb, Flugverkehr: Flughäfen, Schiffsverkehr: Kanäle und Ortslagen von Siedlungen) in deren Berechnung einfließen. Die Freiräume zwischen den Zerschneidungselementen existieren dabei über administrative Grenzen hinweg, weshalb ihre Analyse grundsätzlich grenzüberschreitend erfolgen sollte, sofern dafür eine Datenbasis aufgebaut werden kann. So hat z. B. das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) eine grenzüberschreitende Analyse der Landschaftszerschneidung für Sachsen vorgelegt (IÖR 2007).

*Der Teilindikator „Unzerschnittene verkehrsarme Räume“ (UZVR) (UBA 2008, BfN 2007) größer 100 km<sup>2</sup> ist sehr anschaulich und lässt sich gut in Karten darstellen. Aber er reagiert nur auf wenige Veränderungen, nämlich wenn ein solcher Raum dergestalt zerschnitten wird, dass die resultierenden Teile kleiner als 100 km<sup>2</sup> sind. Einige Bundesländer sind gar nicht mehr betroffen, denn sie weisen keine UZVR größer 100 km<sup>2</sup> mehr auf. Die schleichende Zerstückelung der Landschaft wird dadurch nur unzureichend abgebildet.*

*Der Teilindikator „Effektive Maschenweite“ ( $M_{\text{eff}}$ ) (Esswein, Jaeger, Schwarzv. Raumer 2003) ist weniger anschaulich, dafür können damit flächendeckend schleichende Veränderungen innerhalb und außerhalb der UZVR erfasst werden.  $M_{\text{eff}}$  steht für eine „mittlere“ Flächengröße, die aus der Größe aller Bruchstücke in dem betrachteten Raum berechnet wird<sup>5</sup>.*

Dabei handelt es sich bei  $M_{\text{eff}}$  jedoch nicht um einen arithmetischen Mittelwert aus der Größe der Bruchstücke, sondern große Teilflächen fallen bei der Mittelwertbildung deutlich stärker ins Gewicht als kleine. Dadurch wird belohnt,

---

<sup>5</sup> Wäre Deutschland unzerschnitten, dann wäre  $M_{\text{eff}}$  so groß wie das Bundesgebiet. Würde Deutschland in 10 gleich große Stücke zerschnitten, dann wäre  $M_{\text{eff}}$  so groß wie ein Zehntel des Bundesgebietes.

wenn z. B. bei der Zerlegung einer Fläche in zwei Teile eins der beiden Stücke möglichst groß bleibt und das andere ein möglichst kleiner Splitter wird.  $M_{\text{eff}}$  fällt also am niedrigsten aus, wenn eine Fläche halbiert wird (ungünstigster Fall). Umgekehrt wächst  $M_{\text{eff}}$  am stärksten an, wenn zwei Hälften wieder zu einem Ganzen zusammengefügt werden, d. h. die größtmögliche Verbesserung ist nur vom schlechtesten Ausgangszustand aus möglich. Wenn einer großen Fläche lediglich ein kleiner Splitter angefügt wird, dann wächst  $M_{\text{eff}}$  dafür nur wenig. Auf der Basis der Zuwächse von  $M_{\text{eff}}$  infolge entscheidender Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenbündel sind Prioritätensetzungen möglich.

$M_{\text{eff}}$  berechnet sich für eine in zwei Teile  $M_1$  und  $M_2$  zerlegte Fläche nach folgender Formel:

$$M_{\text{eff}} = \frac{(M_1^2 + M_2^2)}{(M_1 + M_2)}, \text{ wobei } M_1 + M_2 = M \text{ die Gesamtfläche des betrachteten}$$

Raumes ist.

$M_{\text{eff}}$  lässt sich mit einer vergleichsweise einfachen Formel auch auf eine vielfach zerschnittene Fläche mit insgesamt  $N$  Teilstücken  $M_i$  (wobei  $i = 1 \dots N$ ) anwenden und kann deshalb auch das graduelle Fortschreiten der Zerstückelung von Landschaften durch eine Vielzahl von Einzelaktivitäten in der Gesamtschau abbilden:

$$M_{\text{eff}} = \frac{\left( \sum_{i=1}^N M_i^2 \right)}{\left( \sum_{i=1}^N M_i \right)}, \text{ wobei auch hier die Summe } \sum_{i=1}^N M_i = M \text{ die Gesamtfläche ist.}$$

Sowohl die UZVR als auch die  $M_{\text{eff}}$  werden inzwischen in der Berichterstattung von Bund (vgl. UBA 2008) und Ländern (z. B. Hessen) (Esswein, Schwarz-v. Raumer 2004) als Kernindikatoren des Umweltschutzes verwendet.

Beide Indikatoren, UZVR und  $M_{\text{eff}}$ , sagen etwas über das „Ruhepotenzial“ und den „mittleren Bewegungsraum“<sup>6</sup> von Regionen aus. Beide Indikatoren sagen aber – streng genommen – nur mit großen Einschränkungen etwas über das

<sup>6</sup>  $M_{\text{eff}}$  ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei Individuen einer Spezies in einem einfach oder mehrfach zerschnittenen Untersuchungsgebiet zwecks Fortpflanzung innerhalb derselben Teilfläche begegnen könnten. Je größer  $M_{\text{eff}}$  ist, desto größer sind die zur Verfügung stehenden unzerschnittenen Flächen und desto mehr Individuen einer Art könnten sich – räumliche Gleichverteilung der Individuen über die Gesamtfläche vorausgesetzt – dort aufhalten und barrierefrei begegnen (vgl. Penn-Bressel et al. 2003, 282 ff).

faktische Potenzial der biologischen Vielfalt oder die Eignung für Tourismus aus. Denn dazu müsste auch die sonstige Qualität der betreffenden Flächen (Charakteristik der Landschaft, Potenziale für bestimmte Biotoptypen) differenziert erfasst werden (Reck et al. 2007).

*Fazit 1: Wenig Zerschneidung ist eine notwendige, aber noch keine hinreichende Bedingung für Erholungslandschaften oder biologische Vielfalt.*

### *Differenzierte qualitative und quantitative Bewertung der Landschaftszerschneidung*

Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) verfolgt deshalb inzwischen einen differenzierteren Ansatz, der auch den Vorschlägen des NABU (BfN 2007) für einen künftigen Bundeswildwegeplan zugrunde liegt. Im ersten Schritt werden Landschaftselemente, Regionen und Korridore mit Relevanz, z. B. für die biologische Vielfalt, identifiziert. Aus diesen wird ein „ideales“ Natura-2000-Netz abgegrenzt.

Im zweiten Schritt wird dann die Zerschneidung innerhalb dieses relevanten Netzes analysiert. Das BfN hat dazu einen neuen<sup>7</sup> *Fragmentation-Index* (Reck et al. 2007, 102) entwickeln lassen, der die Zerschneidung einer Fläche in zwei Teile oder die Verbindung zweier Flächen zu einer ganzen numerisch bewertet.

$$F_{rag} = \frac{4 * M_1 * M_2}{(M_1 + M_2)}, \text{ wobei wieder gilt: } M_1 + M_2 = M$$

Auch hier wird es als weniger schlimm gewertet, wenn von einer Fläche nur ein kleines Stück abgeschnitten wird, während die Halbierung einer Fläche den „worst case“ darstellt. Umgekehrt wird – bei gleicher Gesamtfläche – die Zusammenfügung zweier Hälften am stärksten „belohnt“, während das Ankleben

<sup>7</sup> Bei Lichte besehen ist dieser „neue“ Indikator mathematisch identisch mit dem Indikator  $M_{eff}$  und deshalb strenggenommen nichts wirklich Neues. Auch der neue BfN-Indikator könnte auf die multiple Zerschneidung von Flächen angewendet werden, allerdings käme dann eine Formel heraus, die noch umständlicher ist, als die – angeblich so komplizierte und unverständliche – Formel zur Berechnung der effektiven Maschenweite. Die Umrechnung der beiden Indikatoren ist hingegen recht einfach, denn – wie sich leicht zeigen lässt – gilt die Formel  $F_{rag} = 2 * (M - M_{eff})$ , wobei  $M$  die Gesamtfläche des betrachteten Gebietes ist. Dieser Zusammenhang gilt nicht nur für die Zerschneidung einer Fläche in zwei Teile sondern auch für die Zerschneidung in beliebig viele Fragmente.

von Splittern weniger Pluspunkte bringt. Das Ergebnis dieser Bewertung ist somit qualitativ identisch<sup>8</sup> mit der Bewertung durch  $M_{\text{eff}}$ .

Mit diesem Indikator wird nun bewertet, wie lohnend es jeweils wäre, innerhalb des „idealen“ Natura-2000-Netzes jeweils zwei Flächen wieder miteinander zu verbinden. Daraus wird eine Prioritätenliste für Maßnahmen zur Wiedervernetzung abgeleitet. Diese findet derzeit im Rahmen des Konjunkturprogramms der Bundesregierung an Bundesverkehrswegen Anwendung und könnte künftig auch in den Bundesverkehrswegeplan mit einem Entscheidungsprogramm einfließen.

*Fazit 2: Praktikable Indikatoren sind gefunden, sowohl für die pauschale bundesweite Berichterstattung als auch für die differenzierte Bewertung von Maßnahmen im Naturschutz. Nun gilt es, auf der Basis dieser Indikatoren nicht nur Einzelmaßnahmen sondern – im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung – auch Pläne und Programme zu evaluieren und dadurch neue Zerschneidung zu vermeiden. Ebenso wichtig ist es, Maßnahmenprogramme zur Entschneidung fortzusetzen, um die klaffenden Lücken innerhalb der Lebensraumnetze zu schließen.*

## **4 Vorschläge für weitere Indikatoren auf regionaler und lokaler Ebene**

### **4.1 Der Indikator „Verfügbares Bauland“**

Als wichtiger Indikator für die Praxis hat sich der Bestand an verfügbarem Bauland erwiesen. Damit sind alle rechtskräftig ausgewiesenen<sup>9</sup> und erschlossenen Flächen gemeint. Neben erst teilweise belegten Wohn- und Gewerbeflächen, die neu am Ortsrand ausgewiesen wurden, zählen dazu auch Baulücken in älteren Siedlungsgebieten, Siedlungsbrachen (d. h. leerstehende Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäude mit ihren Grundstücken sowie Althofstellen), aber

---

<sup>8</sup> Die qualitative Identität des Bewertungsergebnisses kann man u. U. auch intuitiv verstehen. Wenn  $M_{\text{eff}}$  ein Maß für die Wahrscheinlichkeit ist, **dass** sich zwei Individuen einer Art innerhalb der gleichen Teilfläche begegnen können, so ist  $F_{\text{rag}}$  ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass die zwei Individuen einer Art sich **nicht** innerhalb der gleichen Teilfläche begegnen. Die Summe der Wahrscheinlichkeiten, sich zu begegnen oder aber sich nicht zu begegnen ist bekanntermaßen gleich **1**, weshalb man  $F_{\text{rag}}$  aus  $M_{\text{eff}}$  berechnen kann und umgekehrt.

<sup>9</sup> Inklusiv des unbeplanten Innenbereichs nach § 34 BauGB.

auch Nachverdichtungspotenziale<sup>10</sup> auf bereits bebauten Grundstücken. Neben der Angabe der absolut verfügbaren Fläche in Hektar, kann man das verfügbare Bauland auch auf die Anzahl der Einwohner (Wohnen) oder vorhandenen Arbeitsplätze (Industrie, Gewerbe, Handel) beziehen, um einen Index zu erhalten, der Vergleiche mit anderen Kommunen oder Regionen zulässt.

Dieser Indikator ist eine wichtige Kenngröße dafür, ob es in der betrachteten Kommune oder Region wirklich erforderlich ist, neues Bauland auszuweisen oder ob es genügend Potenziale für die Innenentwicklung gibt, auf das die Nachfrage ggf. hingelenkt werden kann. In einer ganzen Reihe von Modellvorhaben, u. a. auch im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms REFINA (BMBF 2007) (z. B. im Rahmen des Verbundprojektes KOMREG (BMBF 2006)), konnte gezeigt werden, dass viele Kommunen nur rudimentäre Vorstellungen darüber haben, wie viel Fläche im Innenbereich nicht oder nur suboptimal genutzt wird. Natürlich bedeutet die Erfassung der Flächen einen nicht unerheblichen Personalaufwand (es sei denn, es wird mit ehrenamtlichen Kräften gearbeitet). Jedoch kann der Nutzen einer effizienteren Belegung der vorhandenen Flächen und der Auslastung der vorhandenen Infrastrukturen auf mittlere und lange Sicht erheblich sein.

Natürlich ist nicht jede ungenutzte Fläche auch tatsächlich verfügbar. Viele Eigentümer horten Flächen, weil sie sie für ein Familienmitglied reservieren möchten, das in ihrer Nähe wohnen soll oder weil sie für die Zukunft weitere Wertsteigerungen erhoffen. Ein besonders gravierendes Hemmnis tritt auf, wenn die Fläche zum Betriebsvermögen zählt und mit einem hohen Wert in den Büchern steht, inzwischen aber an Wert verloren hat. Im Falle eines Verkaufs würde der Wertverlust offenkundig, was wiederum die Bonität des Betriebs beeinträchtigen könnte.

Es gibt aber auch durchaus verkaufswillige Eigentümer, denen mit einer professionellen (ggf. auch von der Kommune betreuten) Immobilienbörse geholfen werden kann, ihr Grundstück besser zu vermarkten. Die Erfahrungen in vielen (Modell-)Kommunen zeigen, dass es oft genügen würde, jedes Jahr einen geringen Prozentsatz der schlummernden Reserveflächen zum Leben zu wecken, um auf neue Baugebiete völlig verzichten zu können.

---

<sup>10</sup> Vor allem die Nachverdichtungspotenziale auf suboptimal genutzten Flächen sind der wichtigste Unterschied zum o. g. bundesweiten Brachflächenindikator „Gebäude- und Freifläche ungenutzt“ auf der Basis der Flächenstatistik, der – sofern er konsequent erhoben würde – nur diejenigen Grundstücke ausweisen sollte, die keine bauliche Nutzung (mehr) aufweisen oder wo aufstehende Gebäude aus jeglicher Nutzung gefallen sind.

Würde das Baugesetzbuch, die Raumordnung und Landesplanung oder die Kommunalaufsicht von den Kommunen zwingend verlangen, dass sie vor der Ausweisung neuer Baugebiete erst einmal die Innenentwicklungspotenziale anhand dieses Indikators erheben, könnte überflüssigen neuen Baugebieten – u. U. auch dank der eigenen Einsicht der kommunalen Handlungsträger – in vielen Fällen wirksam vorgebeugt werden. Angesichts des demographischen Wandels, der immer mehr Regionen erfasst und zu nachlassender Nachfrage auf dem Markt für Baugrundstücke führt, kann nur so einer dauerhaften Entwertung des Immobilienvermögens in den jeweils betroffenen Regionen vorgebeugt werden.

## 4.2 Der Indikator „Wohnraumpotenzial“

Als wichtiger Indikator speziell für den Wohnungsmarkt kristallisiert sich derzeit das Potenzial an Wohnraum heraus, das wegen natürlicher Abgänge der Bewohnerschaft in den nächsten 10 Jahren frei wird und neu auf den Markt kommt.

Auch hier kann man die Anzahl der frei werdenden Wohneinheiten oder die frei werdende Wohnfläche in einer Kommune oder Region sowohl absolut betrachten als auch als Index auf die Gesamtzahl der Haushalte oder der Einwohner in der Kommune oder Region beziehen. Ein Index eignet sich für interkommunale oder interregionale Vergleiche. Es können zudem auch – je nach Fragestellung und örtlicher Problemlage – Kennzahlen für Stadtviertel, Straßenblöcke oder die Gebäude einer bestimmten Altersklasse (wichtig für Kohortenbetrachtung<sup>11</sup>) gebildet werden. Die Praktikabilität der Erhebung des Altersaufbaus der Wohnbevölkerung aus der Meldestatistik<sup>12</sup> wurde in verschiedenen Modellvorhaben erprobt. Desgleichen wurden in verschiedenen Studien Verfahren entwickelt, wie man z. B. mit Unterstützung der örtlichen Versorgungsbetriebe Wohnungs-

---

<sup>11</sup> Die meisten Wohngebäude spiegeln noch Jahrzehnte nach ihrer Errichtung die Altersstruktur der Haushalte wider, die ursprünglich eingezogen sind (Mieter 20 bis 35 Jahre, Eigentümer 30 bis 45 Jahre) – natürlich um Jahrzehnte gealtert. Während sich in Mietwohnungen in den ersten 20 Jahren durch Wegzug eines Teils der Haushalte (z. B. ins Eigenheim oder in eine größere Wohnung) und Zuzug (jüngerer) Haushalte eine gewisse „Nachmischung“ ergibt, werden die Haushaltsvorstände von Eigenheimen mit ihren Ehepartnern nach ihrem Einzug nahezu immobil (die Kinder ziehen in der Regel zu gegebener Zeit aus dem Elternhaus aus und lassen ihre Eltern dort zurück). Die Bevölkerung in Eigenheimsiedlungen „altert“ deshalb schneller und stetiger als in Mietwohnungen.

<sup>12</sup> Wenn auch die Meldestatistik einerseits nicht frei von „Karteileichen“ (d. h. Leuten, die weggezogen sind, aber deren Wegzug nicht registriert wurde) ist und andererseits Menschen nicht erfasst, die sich halblegal oder illegal in Deutschland aufhalten, ist sie immer noch das verlässlichste Messinstrument, das verfügbar ist. Etwas mehr Klarheit kann erst die Volkszählung im Jahr 2011 bringen.



leerstände außerhalb der Bestände der großen Wohnungsunternehmen zuverlässig erheben kann.

Die praktische Bedeutung solcher Indikatoren für die Wohnungswirtschaft, aber auch für die Stadt- und Regionalplanung in stagnierenden und schrumpfenden Regionen liegt auf der Hand (vgl. Abb. 1). Hier gilt es rechtzeitig am richtigen Ort Konzepte für den Stadtumbau zu entwickeln oder die Bestände für neue Nutzergruppen zu ertüchtigen – bei weitgehendem Verzicht auf Wohnungsneubau<sup>13</sup>, denn jeder Wohnungsneubau vergrößert die sich anbahnenden Leerstände weiter.

Auf Bundes- und Landesebene sind solche Indikatoren natürlich auch von Interesse, allerdings können regionale Disparitäten auf höheren Ebenen der räumlichen Aggregation stark verwischt werden. So kann in Bundesländern,

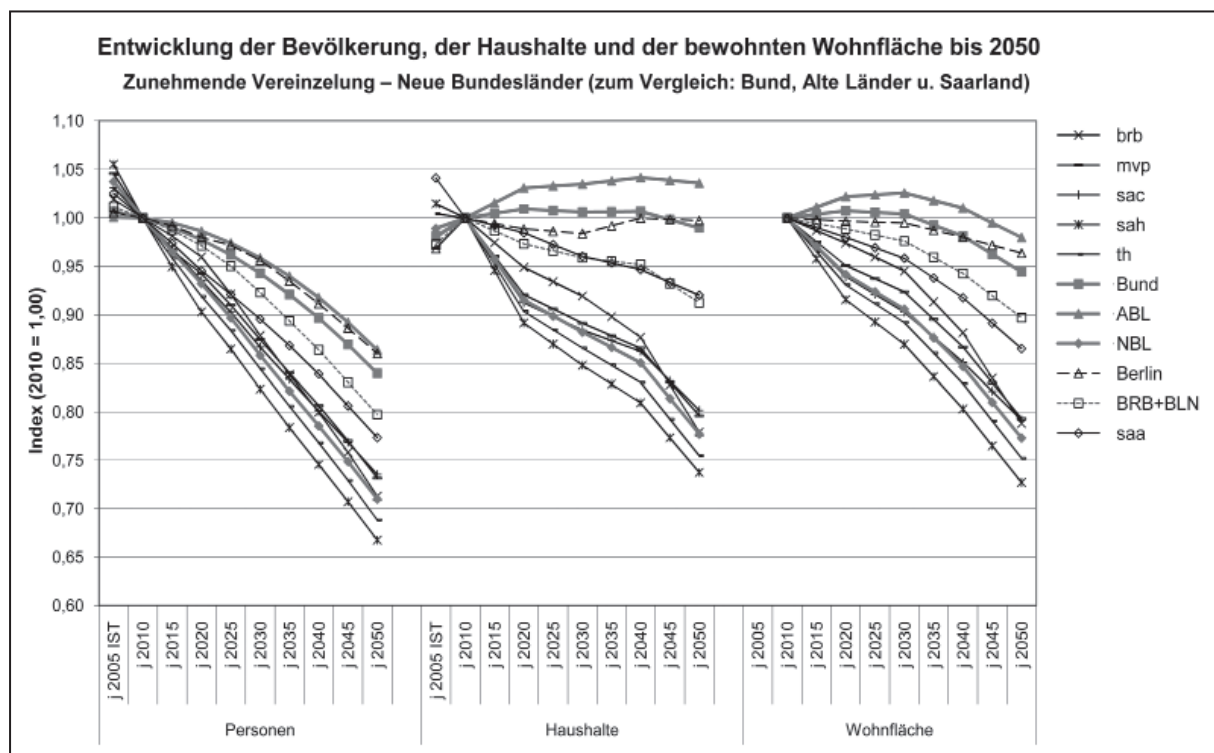


Abb. 1: Prognose zur Entwicklung der Bevölkerung, der Haushalte und der bewohnten Wohnfläche nach ausgewählten Bundesländern bis 2050 (Quelle: Destatis und eigene Berechnungen)

<sup>13</sup> Aber auch wachsende Regionen könnten versuchen, ihren Neubaubedarf, der meist aufgrund von Zuwanderung aus wirtschaftlich schwächeren Regionen entsteht, zu verringern, z. B. indem sie ältere Menschen nach dem Abschluss der Familienphase gezielt dabei unterstützen, wieder in kleinere Wohnungen zu ziehen und ihre großen Wohnungen für junge Familien frei zu geben. Auch hierzu ist es hilfreich, das Baualter der Gebäude zu betrachten, um Bewohner im geeigneten Alter aufzuspüren und ansprechen zu können.

wo auf den ersten Blick der demnächst frei werdende Wohnraum gut mit dem demnächst benötigten Wohnraum für neue junge Haushalte überein zu stimmen scheint, einerseits in Wachstumsregionen Wohnungsknappheit herrschen, während sich andererseits in Schrumpfungsregionen Leerstände akkumulieren. Hingegen können in Bundesländern, in denen sich auf Landesebene betrachtet ein zusätzlicher Wohnungsleerstand (bezogen auf die heute noch bewohnten Wohnungen) von rund 10 % anbahnt, von Ort zu Ort unterschiedlich zwischen 0 % und 30 % aller heute noch bewohnten Wohnungen leer fallen.

Für die jeweils betroffenen Wohnungseigentümer, die ggf. die Folgen von Leerständen verkraften müssen, sind derartige lokale Unterschiede natürlich von existenzieller Bedeutung.

## 5 Der Indikator „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche“

Last but not least soll hier der Indikator „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ beleuchtet werden, der in der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2008) eine wichtige Rolle spielt. Das Wachstum dieser Flächen soll bis zum Jahr 2020 auf 30 ha pro Tag begrenzt werden. Derzeit liegt das Wachstum noch bei 113 ha pro Tag (Durchschnitt von 2004 bis 2007). Das ist zwar seit dem Höchststand der Flächeninanspruchnahme von 130 ha pro Tag

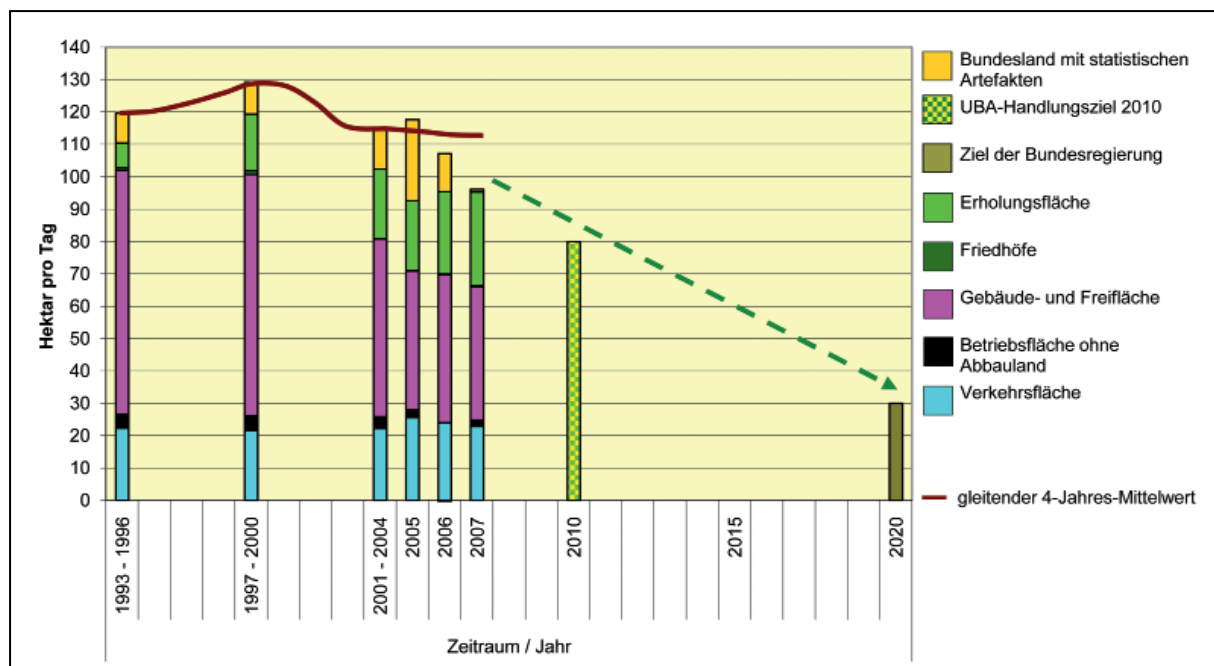


Abb. 2: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland bis 2020  
(Quelle: Destatis und eigene Bearbeitung)

im Jahr 2000 ein Rückgang, allerdings kann dieses Ergebnis angesichts der Distanz zum Ziel nicht wirklich befriedigen<sup>14</sup> (vgl. Abb. 2).

Es stellt sich die Frage, wieso die Bundesregierung – und auch das Umweltbundesamt – trotz des zum Teil heftigen Widerstands einiger relevanter Akteure (z. B. kleinere Gemeinden und der Teil der Bauwirtschaft, der sich auf Neubau auf der grünen Wiese spezialisiert hat) an diesem Ziel festhält. Dafür gibt es gute Gründe, auf die weiter unten ausführlicher eingegangen werden soll.

Basis dieses Indikators sind die Grundstückskataster bei den Vermessungsämtern, in denen zu jedem einzelnen Grundstück eine Hauptnutzung eingetragen ist (z. B. „Gebäude- und Freifläche“, „Verkehrsfläche“ oder „Wald“). Es ist die Aufgabe der Vermessungsämter, diese Angaben zu aktualisieren, sobald ihnen eine Nutzungsänderung bekannt wird. Dies geschieht meist, wenn z. B. nach Abschluss einer Baumaßnahme oder einer Maßnahme zur Flurbereinigung das Grundstück und die aufstehenden Gebäude oder ortsfesten Anlagen neu eingemessen werden müssen. Dieser Zeitpunkt kann in der Praxis allerdings etliche Jahre nach der tatsächlichen Nutzungsänderung liegen.

Neben den o. g. Grobkategorien zur Flächennutzung sind auch feinere Zuordnungen der Flächennutzung möglich, z. B. „Gebäude- und Freifläche Wohnen“. In vielen Fällen sind hier jedoch – vor allem bei gemischt genutzten Grundstücken – Interpretationsspielräume gegeben, welche der ausgeübten baulichen Nutzungen als Hauptnutzung eingetragen wird. Die feineren Untergliederungen der Flächenstatistik sind deshalb in einigen Bundesländern notorisch schlecht zu interpretieren und deshalb mit Vorsicht zu genießen. Die Grobkategorien sind hingegen – bis auf einige statistische Artefakte in wenigen Bundesländern – in der Regel valide und können auch mit Statistiken aus anderen Quellen in gute Übereinstimmung gebracht werden.

So korrespondiert das Wachstum der Gebäude- und Freiflächen plausibel mit der realen Bauleistung (vgl. Abb. 3) – sowie im Übrigen auch mit dem augenfälligen Wachstum ungenutzter Baugebiete in den neuen Bundesländern in den Jahren 1993 bis 1996.

---

<sup>14</sup> Betrachtet man hingegen Einzeljahre, so weist der Indikator – z. T. bedingt durch statistische Artefakte – große Schwankungen auf. Im Trend bewegt er sich jedoch in den letzten Jahren durchaus in Richtung auf das 30-ha-Ziel zu. Auch das Zwischenziel des Umweltbundesamtes für das Jahr 2010 scheint nicht mehr völlig unerreichbar.

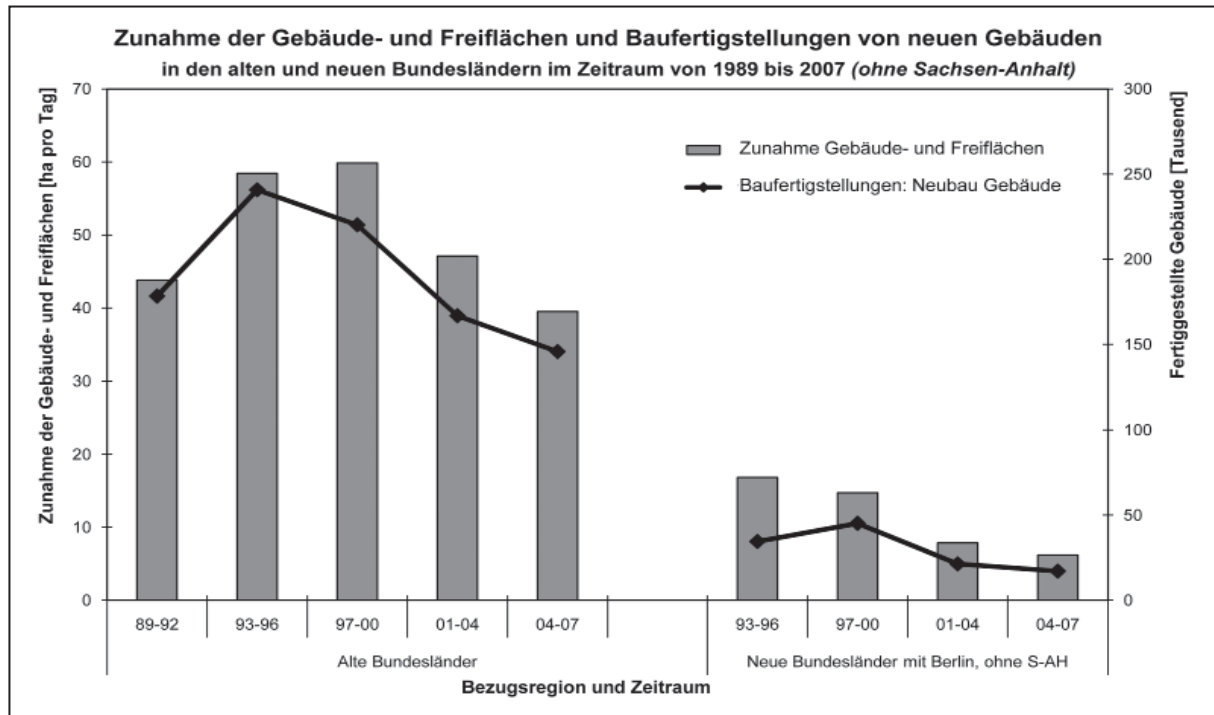


Abb. 3: Zunahme der Gebäude- und Freiflächen sowie Baufertigstellungen von neuen Gebäuden in den alten und neuen Bundesländern 1989 bis 2007 (ohne Sachsen-Anhalt)  
(Quelle: Destatis und eigene Bearbeitung)

## 6 Strategische Bedeutung des Indikators „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche“

### 6.1 Gründe für die Begrenzung des Siedlungs- und Verkehrsflächenwachstums

Es gibt eine ganze Reihe von guten Gründen, das Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen zu begrenzen. Im Wesentlichen betrifft dies folgende Aspekte:

Umweltbeeinträchtigungen:

- Störung von Freiraumfunktionen:
  - Hochwasserrückhaltung,
  - Biologische Vielfalt,
  - Erholung des Menschen.
- Beeinträchtigung von natürlichen Bodenfunktionen:
  - Unterlassene Altlastensanierung auf Brachen,
  - Grundwasserneubildung, Wasserverdunstung, Boden als CO<sub>2</sub>-Senke,
  - Natürliche Bodenfruchtbarkeit, Boden als Ressource.

- Verringerte Ressourceneffizienz, Verkehrserzeugung:
  - Material- und Energieverbrauch für Neubau und Betrieb von zusätzlichen Gebäuden und damit verbundene Umweltbelastungen,
  - Verkehrserzeugung und verkehrsbedingte Umweltbelastungen (z. B. Lärm, Schadstoffe, Klimagase),
  - Material- und Energieverbrauch für Neubau/Produktion und Erneuerung von Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugen.

#### Ökonomische Folgen:

- Infrastrukturkosten nicht nur für den Neubau, sondern auch für den dauerhaften Betrieb und die periodische Instandhaltung,
- Mietausfälle und / oder Wertverluste von Immobilien mit Auswirkungen auf Betriebsvermögen oder Altersvorsorge der Eigentümer,
- Niedriges Bodenpreisniveau, wodurch das Bachflächenrecycling unrentabel wird.

#### Soziale Benachteiligungen:

- Entmischung von Stadtquartieren und damit Herausbildung von Quartieren der „Zurückgebliebenen“, in denen Vorbilder verloren gehen, von denen sie sich abschauen können, wie sie sich durch Bildung, Fleiß und Eigeninitiative eine Existenz aufbauen könnten.
- Weite Wege in den Neubaugebieten für Kinder, ältere Menschen und andere Nichtmotorisierte, die damit von Versorgungseinrichtungen oder anderen Aktivitäten ausgeschlossen werden, die nur mit dem Auto erreichbar sind.

#### Städtebauliche Missstände:

- Leerstände, Verödung,
- Verfall der Bausubstanz,
- Bleibende Stadtbrachen.

Als Zwischenfazit lässt sich postulieren, dass der Indikator „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ ein Querschnittsindikator ist, der viele verschiedenartige ökologische, ökonomische und soziale Faktoren bündelt, die über Ursache- und Wirkungs-Beziehungen<sup>15</sup> miteinander verknüpft sind.

---

<sup>15</sup> z. B. den Teufelskreis „Siedlungswachstum, neuer Verkehr, Infrastrukturausbau, verkürzte Reisezeiten, induzierter Verkehr sowie weiteres Siedlungsflächenwachstum“ ad infinitum.

Ein nicht zu unterschätzender Gesichtspunkt, der im Zeitalter der Globalisierung im Hinblick auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit immer wichtiger wird, ist die Tatsache, dass ausuferndes Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen die Ressourcen- und Kosteneffizienz der deutschen Volkswirtschaft als Ganzes schmälert. Die Mehrkosten für zusätzliche Gebäude und Infrastrukturen müssen letzten Endes direkt oder indirekt von steuer- und gebührenzählenden Betrieben, Arbeitnehmern oder Einwohnern aufgebracht werden. Direkt oder indirekt erhöhen sich damit auch die Kosten für in Deutschland bereit gestellte Produkte und Dienstleistungen. Auch der erhöhte Verbrauch von Ressourcen, z. B. für durch weite Wege erzwungenen motorisierten Verkehr oder wegen der Notwendigkeit, den zusätzlichen bewohnten Wohnraum auch beheizen zu müssen, entpuppt sich – bei weltweit zunehmender Knappheit an fossilen Energieträgern – immer mehr als Kostenfaktor, der Wirtschaft und Verbraucher gleichermaßen belastet und am Wohlstand zehrt. Der sich anbahnende demographische Wandel mit den Komponenten „Alterung“ und vor allem „Schrumpfung“ wird zusätzlich dazu beitragen, dass die Ressourcen- und Kosteneffizienz der deutschen Volkswirtschaft sinkt – falls nicht energisch umgesteuert wird.

Es gibt also handfeste Gründe, weshalb das Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsflächen sich immer mehr als Hemmschuh für die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland erweisen könnte – ein Grund mehr also, die bisherige Siedlungs- und Wirtschaftspolitik der „beleuchteten Schafweiden“ zu überdenken.

## **6.2 Regionale und fachliche Handlungsziele der Flächeninanspruchnahme**

Das 30-ha-Ziel der Bundesregierung kann nur dann direkte Wirkung entfalten, wenn es auch verbindlich für die Handlungsträger wird, die maßgeblich die Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr vorantreiben, nämlich die Kommunen mit ihrer Bauleitplanung und die Baulastträger der überörtlichen Verkehrsinfrastruktur. Da die Entwicklung von Siedlungen und Infrastrukturen von den Ländern im Rahmen der Raumordnung und Landesplanung koordiniert wird, ist es zunächst erforderlich, das 30-ha-Ziel auf die Bundesländer herunterzurechnen. Die Länder wiederum müssten ihr Kontingent an die Regionen verteilen und Regeln aufstellen, wie es weiter an die Kommunen verteilt wird.

Dabei müssen auch Fachplanungen, z. B. der Bundesverkehrswegeplan, mit ihren Ansprüchen an die Fläche in Rechnung gestellt und bei der Kontingentierung an Länder und Regionen adäquat berücksichtigt werden. Anschließend ist

im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung für Fachpläne- und Programme zu prüfen, ob die Planung ihr jeweils zugeteiltes Kontingent einhält oder durch welche Alternativen und Varianten dies bewerkstelligt werden kann.

Die nachstehende Abbildung 4 zeigt Trends für die alten und neuen Bundesländer, wobei ein Bundesland mit gravierenden statistischen Artefakten<sup>16</sup> gesondert dargestellt wird (vgl. auch Abb. 2).

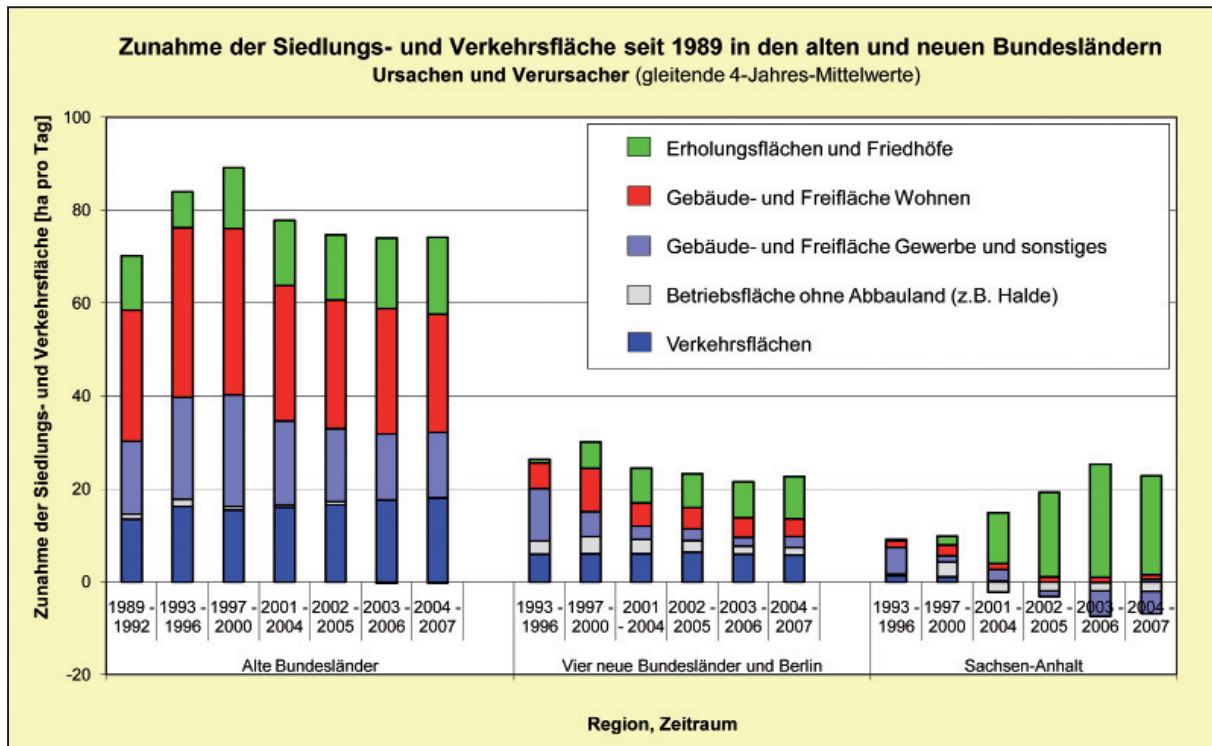


Abb. 4: Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche nach einzelnen Komponenten in den alten und neuen Bundesländern 1989 bis 2007 (Quelle: Destatis und eigene Bearbeitung)

Die Aufteilung der Kontingente auf Regionen ist auch ein Handlungsziel der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt der Bundesregierung vom Oktober 2007 (BMU 2007), wo es heißt, dass alle in der Strategie genannten Ziele und Maßnahmen bis zum Jahr 2015 auf regionaler Ebene zu operationalisieren sind. Auch das 30-ha-Ziel hat Eingang in die Strategie zur Biologischen Vielfalt gefunden mit der Forderung: „Bis zum Jahr 2015 werden auch raum- und gebietsbezogene Reduktionsziele erarbeitet“ (BMU 2007, 51).

<sup>16</sup> Die Artefakte sind darauf zurückzuführen, dass u. a. große Truppenübungsplätze nach der Nutzungsaufgabe nicht wie üblich als „Wald“ klassifiziert wurden, sondern als „Erholungsflächen“ und somit bis auf weiteres zur Siedlungs- und Verkehrsfläche zählen.

In der nächsten Zeit wird es folglich eine Diskussion mit Ländern, Regionen und Gemeinden geben müssen, nach welchen Kriterien die Handlungsziele für die Gebietskörperschaften gesetzt werden. Denkbar, weil sozial gerecht, wäre z. B. eine Aufteilung nach Bevölkerungsstärke, wobei allerdings als Zusatzkriterium einfließen sollte, wie derzeit die „landübliche“ Ausstattung der Einwohner mit Siedlungs- und Verkehrsflächen ausfällt und von welchem Ausgangsniveau der Flächenneuanspruchnahme die jeweilige Gebietskörperschaft in einem bestimmten Stichjahr gestartet ist. Das könnte Strukturbrüche mildern und die Akzeptanz bei den Entscheidungsträgern etwas erhöhen.

Die nachstehenden Abbildungen 5 und 6 zeigen das Ergebnis einer derartigen Kontingentierung für die alten und die neuen Bundesländer plus Berlin (allerdings ohne das Bundesland mit gravierenden statistischen Artefakten).

Es zeigt sich, dass zumindest die neuen Bundesländer unter dem Einfluss des demographischen Wandels – nolens volens – bereits auf einem Pfad unterwegs sind, der in Richtung ihres fairen Anteils am 30-ha-Ziel führt. Es zeigt sich aber auch, dass die alten Bundesländer noch stringenter auf Innenentwicklung setzen müssten, um ebenfalls ihren gerechten Anteil zum 30-ha-Ziel einzubringen.

Auch wenn derartige Zielsetzungen für einige Aufregung und Diskussion sorgen werden, ist es aus den zuvor genannten Gründen nicht nur aus Umweltsicht wünschenswert, das 30-Hektar-Ziel zu erfüllen. Es ist auch aus ökonomischen und sozialen Gründen dringend geboten, die fortschreitende Zersiedelung zu beenden und sich in Deutschland um mehr Energie- und Ressourceneffizienz zu bemühen.

Der Freistaat Sachsen ist inzwischen mit gutem Beispiel vorangegangen und hat sich in einem Handlungsprogramm (SMI 2009) der Ministerien des Inneren sowie für Umwelt und Landwirtschaft das Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 die Flächeninanspruchnahme auf „*unter zwei Hektar pro Tag*“ zu reduzieren. Dies geht durchaus in die richtige Richtung. Nach der hier vorgestellten Kontingentierung würde dem Land Sachsen für das Jahr 2020 ein Kontingent von 1,5 Hektar pro Tag zustehen. Als Zwischenziel für das Jahr 2010 entfielen auf das Land Sachsen ein Kontingent von 3,8 ha pro Tag – eine Größenordnung, die das Land in den Jahren von 2003 bis 2006 schon einmal eingehalten, aber im Jahr 2007 – aus welchen Gründen auch immer – wieder deutlich überschritten hat.



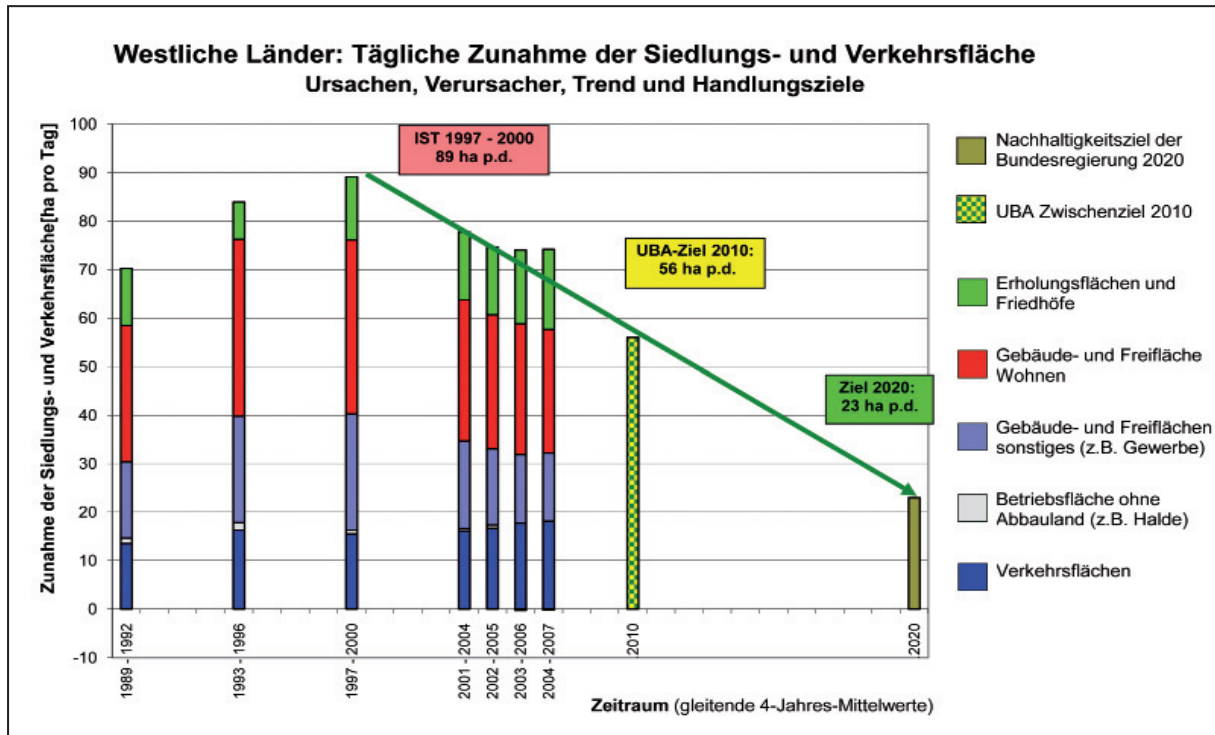


Abb. 5: Tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den westlichen Bundesländern 1989 bis 2020 (Quelle: Destatis und eigene Bearbeitung)

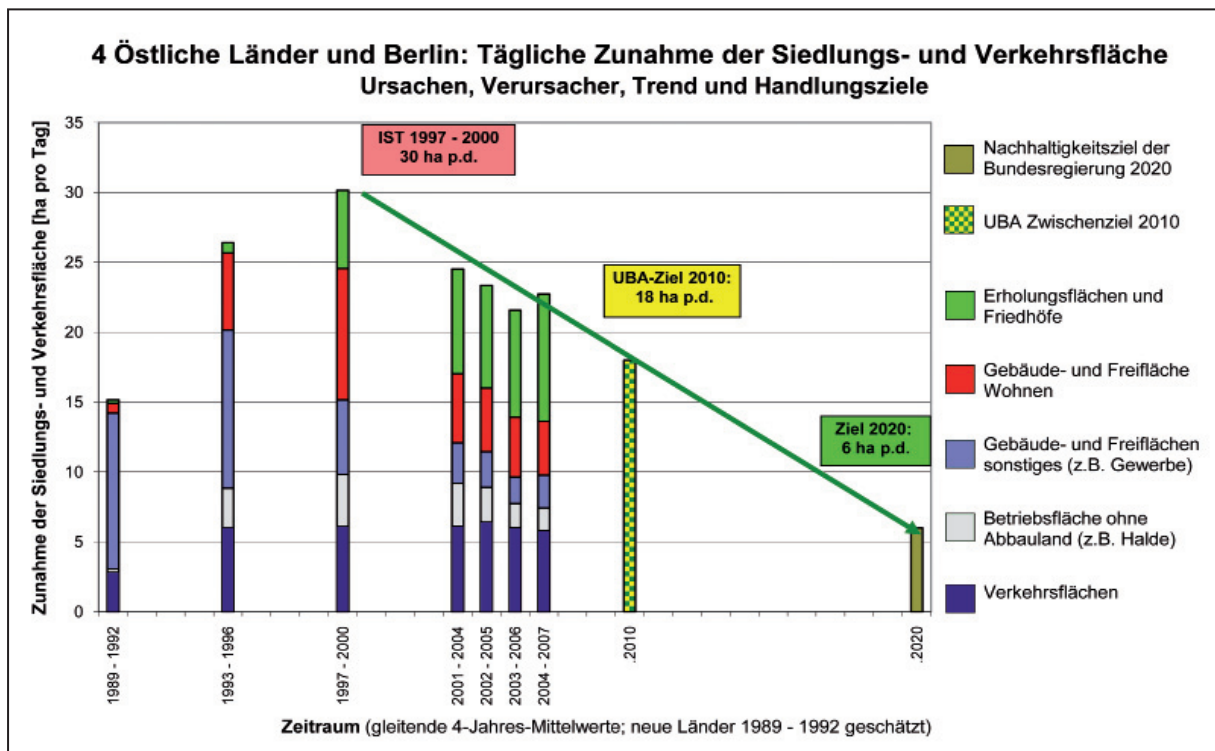


Abb. 6: Tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in den östlichen Bundesländern und Berlin 1989 bis 2020 (Quelle: Destatis und eigene Bearbeitung)

## 7 Indikatoren für Flächennutzungen im Freiraum außer Land- und Forstwirtschaft

Normaler Weise wird die Flächennutzung außerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche<sup>17</sup> durch die Kategorien „Landwirtschaft“ und „Forstwirtschaft“ sowie – in geringem Umfang – auch durch Binnengewässer geprägt. Alle anderen Nutzungen werden nach landläufiger Auffassung eher als Fremdkörper in der Landschaft angesehen. Dies findet auch in der Raumordnung seinen Niederschlag, die – trotz einiger verlorener Rückzugsgefechte in den letzten Jahren – immer noch bestrebt ist, die Freiräume von landschaftsbeeinträchtigenden Nutzungen möglichst frei zu halten.

Wenngleich der Indikator „Siedlungs- und Verkehrsfläche“ eine Vielzahl unterschiedlicher Nutzungen von Flächen durch private Haushalte, Betriebe oder die öffentliche Hand abdeckt, gibt es durchaus menschliche Aktivitäten außerhalb der Land- und Forstwirtschaft, die sich zunehmend der Freiräume bemächtigen. Das springt im Landschaftsbild deutlich ins Auge und spielt deshalb auch in der Wahrnehmung der Bevölkerung eine zunehmend wichtige Rolle.

### 7.1 Nutzungsarten mit Ausweisung in der Flächenstatistik

Hierbei handelt es sich zum Teil um Flächen, die ständig oder zeitweise durch äußerst intensive Nutzungen belegt und deren Böden auch nach Aufgabe der Nutzung dauerhaft verändert und z. T. beeinträchtigt bleiben, insbesondere *Abbauland* (es bleiben auch nach Aufgabe der Nutzung meist Abraumhalden oder Baggerlöcher) oder *Truppenübungsplätze* (sie sind oft durch Blindgänger sowie Rückstände von Kampfmitteln und Munition dauerhaft verseucht).

In den letzten 20 Jahren wurden viele Truppenübungsplätze ersatzlos aufgegeben und in den Grundstückskataster (und somit auch in der Flächenstatistik) in „Unland<sup>18</sup>“, „Wald“ oder – in einem einzelnen Bundesland – in „Erholungsfläche<sup>19</sup>“ umgewidmet.

<sup>17</sup> Dabei gilt es zu beachten, dass land- und forstwirtschaftliche Wege zur Siedlungs- und Verkehrsfläche zählen. Im Rahmen der Strukturförderung wurde in den letzten Jahren auch dieses Wegenetz kräftig ausgebaut. Dieser Trend könnte sich fortsetzen, wenn im Zuge der zunehmenden Energiegewinnung aus Biomasse versucht werden sollte, das Waldholz noch rationeller zu nutzen, was eine bessere Erschließung durch Forstwege erfordert.

<sup>18</sup> „Unland“ ist eigentlich unfruchtbares Land, z. B. Fels, das nicht bewirtschaftet werden kann. In manchen Bundesländern wurden in dieser Kategorie auch sonstige beeinträchtigte Flächen mit unklarer künftiger Nutzung – meist vorübergehend – zwischen“geparkt“.

<sup>19</sup> Die Umwidmung als „Erholungsfläche“ ist bei ehemaligen Truppenübungsplätzen wenig sachgerecht, da damit eine siedlungstypische, intensive menschliche Nutzung durch Erholung oder Sport suggeriert wird, was angesichts der bleibenden Belastungen und Gefahren schwerlich der Fall sein dürfte. Sachgerechter wäre es gewesen, diese Flächen als „Wald“ einzustufen.

Hingegen schreitet die neue Landnahme durch den Rohstoffabbau (für die Fläche bedeutsam vor allem Braunkohle und Kies) weiter fort, wobei im Gegenzug ausgebeutete Flächen „an die Natur zurückgegeben“ werden. In der Gesamtbilanz ändert sich deshalb die Ausdehnung Fläche für Rohstoffabbau nur wenig. Während am Anfang des „Zyklus“ meist Landwirtschaftsfläche verschwindet, werden am Ende des „Zyklus“ meist Wald- und Wasserflächen zurückgegeben. Auch wenn viele dieser Flächen für Naturschutz oder Erholung aufgewertet werden können, so ist doch im Ergebnis meist der unwiederbringliche Verlust fruchtbarer, landwirtschaftlich nutzbarer Böden zu beklagen. Im Hinblick auf die Bodenfunktionen sollte bei diesem Prozess eher von einer Abwärtsspirale gesprochen werden.

Andere Flächen in dieser Kategorie der Flächenstatistik, wie „**Schutzflächen**“ (Dämme) oder „**Ruinen**“ spielen quantitativ nur eine untergeordnete Rolle.

## 7.2 Überlagernde Nutzungsarten ohne Ausweisung in der Flächenstatistik

Zu diesen Nutzungen zählen z. B. Leitungstrassen für Elektrizität oder Fernwärme oder die Standorte für Windkraft, aber auch Flächen für Photovoltaik<sup>20</sup> (Bundesgesetzblatt 2008; Bringezu et al. 2009), wenn die Anlagen z. B. auf Schallschutzwänden oder Gebäuden montiert sind. Der Grund, weshalb diese Flächen nicht gesondert ausgewiesen werden, liegt darin, dass sie selten die Hauptnutzung des betreffenden Grundstücks darstellen und lediglich zusätzlich zur Hauptnutzung (z. B. Land- oder Forstwirtschaft) die Fläche mitbenutzen. De facto beanspruchen diese Anlagen nur einen geringen oder sogar überhaupt keinen Anteil an der Bodenfläche. Für das Landschaftsbild und für das Bewusstsein der Bevölkerung spielen sie jedoch eine nicht unwesentliche Rolle.

Insgesamt ist es für die Interpretation der Flächenstatistik weder sinnvoll noch dringlich, diese Zusatz-Nutzungen durch die Energiewirtschaft in den Indikator „Wachstum der Siedlungs- und Verkehrsfläche“ zu integrieren,

---

<sup>20</sup> Einen Sonderfall stellt hingegen die Freiland-Photovoltaik dar. Gemäß dem Gesetz zur Neuregelung des Rechts erneuerbarer Energien im Strombereich werden seit mehreren Jahren die Freiland-Anlagen nur dann mittels einer hohen Vergütung des eingespeisten Stroms gefördert (Bundesgesetzblatt 2008), wenn sie sich auf einer stillgelegten Ackerfläche befinden, die durch die Bauleitplanung der Gemeinde in eine „Grünfläche“ umgewandelt wurde. Eine „Grünfläche“ ist aber eine Unterart der „Erholungsfläche“ und als „Erholungsfläche“ zählt diese Fläche lt. Flächenstatistik zur Kategorie der „Siedlungs- und Verkehrsflächen“. Derzeit ist die Ausdehnung der Flächen für Freiland-Photovoltaik mit 763 Hektar im Jahr 2007 noch relativ gering. Der Zuwachs der letzten Jahre war – wegen der hohen Anlagenkosten für diese Technik – mit einem halben Hektar pro Tag vergleichsweise mäßig. In der Flächenstatistik dürfte diese neue Abart der Erholungsflächen deshalb auch künftig mit weniger als einem Hektar pro Tag zu Buche schlagen. Nähert man sich allerdings dem 30-ha-Ziel, dann kann dieses Thema auch nicht völlig vernachlässigt werden.

- weil sie in den Katastern meist nicht abgebildet werden und es mit großen praktischen Schwierigkeiten verbunden wäre, zusätzlich zur Hauptnutzung noch Zusatznutzungen in die Grundstückskataster einzufügen<sup>21</sup> und
- weil sie nicht oder nur lose zum „klassischen Wirkungsgefüge“ Siedlungsentstehung – Verkehrserzeugung – Siedlungsentstehung gehören.

Diese Sachverhalte sollten künftig im Zusammenhang mit der Flächenstatistik in der Öffentlichkeit klarer kommuniziert werden.

### 7.3 Weiterentwicklung von Indikatoren der Freiraumnutzung

Eine denkbare Möglichkeit für den Umgang mit Nutzungsformen, die Boden und Landschaft beeinträchtigen und über den Indikator Siedlungs- und Verkehrsfläche nicht erfasst werden, wäre die Weiterentwicklung der Indikatoren für unbeeinträchtigte Landschaften, ggf. als Zusatzinformation zu Leitungstrassen. Infrage kämen die Indikatoren unzerschnittene verkehrsarme Räume (UVZR) und effektive Maschenweite (Meff) einerseits zur Messung der Landschaftszerschneidung oder der neue Indikator „Freiraumeffizienz“<sup>22</sup> des BfN zur Messung der Zersiedelung der Landschaft (Ackermann 2009; Schweppe-Kraft 2009).

Denkbar wäre allerdings auch ein völlig neuer Indikator für den Raumanspruch der Energiewirtschaft. Er sollte Flächen für Rohstoffabbau (z. B. Braunkohle), Flächen für Biomasseanbau, Flächen für Standorte von technischen Anlagen zur Energieerzeugung und -wandlungen sowie Trassen des Energietransports und der Energieverteilung umfassen.

Die diesbezüglichen Informationen können allerdings nicht aus der Flächenstatistik gewonnen werden, sondern müssten sich auf andere Informationsquellen, z. B. Luftbildaufnahmen und die Unterlagen der Energieversorger, stützen.

---

<sup>21</sup> Wenn die Vermessungsämter schon heute kaum in der Lage sind, die aktuelle Hauptnutzung halbwegs zeitnah und adäquat festzustellen, dann sollte man im Hinblick auf die Erfassung von Zusatznutzungen keine großen Hoffnungen in interpretierbare Erkenntnisse setzen.

<sup>22</sup> Im Gegensatz zum Zerschneidungsindikator, der die Auswirkungen von linienförmigen Barrieren untersucht, analysiert der Indikator „Freiraumeffizienz“ die Kompaktheit oder Dispersion von Siedlungsstrukturen. Berechnet wird ein Maß für die „mittlere freie Weglänge“, bis man beim Durchqueren der Landschaft wieder auf den nächsten „Siedlungskrümel“ stößt. Bei gleichbleibendem Prozentsatz der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche ist die Freiraumeffizienz am größten, wenn alle Siedlungsflächen auf einem Fleck konzentriert und der restliche Raum unbesiedelt bleibt.

## **8 Schlussfolgerungen**

### **8.1 Bundesweite Indikatoren**

Dank technischen Fortschritts sind Indikatoren, die sich auf Luftbildaufnahmen und leistungsfähige GIS-Systeme stützen, in den letzten Jahren weiterentwickelt worden, insbesondere Indikatoren zur Landschaftszerschneidung und Zersiedelung. Auch zur Versiegelung des Bodens gibt es auf der Basis regionaler Luftbildaufnahmen eine Hochrechnung auf Bundes- und Landesebene. Allerdings hat der technische Fortschritt auch seine Tücken, denn die technische Innovation ist der natürliche Feind der Zeitreihe. Für gemessene Zeitreihen für eine bestimmte Region muss die Technik hinreichend standardisiert und über längere Zeiträume stabil bleiben. Sonst kann nicht mit Sicherheit quantifiziert werden, welche gemessenen Veränderungen auf Realität beruhen und welche auf veränderter Technik.

Speziell für das Problem der Landschaftszerschneidung sind praktikable Indikatoren gefunden, sowohl für die pauschale bundesweite Berichterstattung als auch für die differenzierte Bewertung von Maßnahmen im Naturschutz. Nun gilt es, auf der Basis dieser Indikatoren nicht nur Einzelmaßnahmen, sondern – im Rahmen der Strategischen Umweltprüfung –, auch Pläne und Programme zu evaluieren und dadurch neue Zerschneidung zu vermeiden. Ebenso wichtig ist es, Maßnahmenprogramme zur Entscheidung fortzusetzen, um die klaffenden Lücken innerhalb der Lebensraumnetze zu schließen.

Für die Zukunft wird die Entwicklung eines neuen Indikators zum Bestand an fruchtbaren Böden angeregt, um eine Handhabe für den verbesserten Schutz fruchtbarer Böden zu schaffen.

Rückschritte gab es hingegen bei einem bundesweiten Indikator für Brachflächen, weil weniger Länder diese Rubrik in der Flächenstatistik getrennt ausweisen.

### **8.2 Lokale / regionale Indikatoren**

Die diskutierten Indikatoren zu Baulandreserven und Wohnraumpotenzialen werden – vor dem Hintergrund des demographischen Wandels und der ökonomischen Globalisierung – in Zukunft stark an Bedeutung gewinnen. Gemessen an den städtebaulichen und vor allem auch ökonomischen Risiken, die auf Kommunen und Immobilieneigentümer zukommen, ist die Zögerlichkeit, mit der

viele Kommunen um eine ehrliche Bestandsaufnahme herumschleichen, nicht nur bedenklich – sie ist bereits grob fahrlässig.

### **8.3 Der Indikator „Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche“**

*Fazit 1:* Dieser Indikator ist besonders gut geeignet, summarisch nicht-nachhaltige Lebensstile und Wirtschaftsweisen abzubilden, die für die meisten entwickelten Länder typisch sind.

Dieser Indikator ist essenziell, um bereits eingetretene Trends zum Besseren aufzuzeigen, um für den Bund, Länder, Regionen und Kommunen künftige Handlungsziele zu formulieren, um verbleibende Zielabweichungen und ihre Ursachen zu analysieren sowie um weitere Maßnahmen zum Flächensparen zu begründen.

*Fazit 2:* Damit der Indikator künftig noch zuverlässiger die tatsächliche Entwicklung nachzeichnet und sich noch besser als Basis für die Kommunikation von Handlungszielen für Länder, Regionen und Kommunen eignet, ist es nötig, eine Sensibilisierung der Verantwortlichen in den Katasterämtern für die strategische Bedeutung der Erhebungen – insbesondere zu welchen Fehlschlüssen eine unsachgemäße Zuordnung von Flächen führt – in die Wege zu leiten.

Notwendig ist vor allem eine bundesweit einheitliche Definition (und darauf basierende Qualitätssicherung), was zu Betriebs- und Erholungsflächen, zu Gebäude- und Freiflächen sowie zu Verkehrsflächen zählt – und was nicht. Vonnöten ist auch eine präzisere Festlegung, in welchem zeitlichen Rhythmus die Kataster regelmäßig aktualisiert werden sollten.

*Fazit 3:* Insgesamt gibt der Indikator in 15 von 16 Bundesländern die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche im 4-Jahresmittel einigermaßen plausibel wieder. Es ist deshalb möglich, die Zuverlässigkeit des Indikators für 15 Länder tatsachengetreu und zugleich positiv auch auf der Ebene des Bundes zu kommunizieren.

### **8.4 Zusätzliche Indikatoren der Freiraumnutzung**

Vor allem die Rohstoffgewinnung und der Ausbau erneuerbarer Energien haben in den letzten Jahren weithin sichtbar in den Freiräumen außerhalb der Siedlungs- und Verkehrsflächen um sich gegriffen. Dies schlägt sich nur in einem geringen Teil in der Statistik der Siedlungs- und Verkehrsflächen nieder, weil viele Anlagen nicht die Hauptnutzung des Grundstücks darstellen, sondern le-

diglich eine überlagernde Zusatznutzung. Um die Raumannsprüche der Energiewirtschaft künftig besser zu beschreiben, wäre ein zusätzlicher Indikator zu entwickeln, der auch die „optischen“ Einwirkungen und überlagernden Eingriffe von Anlagen und Leitungstrassen in die Landschaft in geeigneter Weise erfasst.

## Literatur

- Ackermann, W. (2009): Operationalisierung des Indikators „Zersiedelung der Landschaft“. Vortrag auf Workshop „Stand und Entwicklung der Flächenversiegelung“, TLUG, Jena, 18.03.2009.  
[http://www.tlug-jena.de/uw\\_raum/vers\\_workshop/pdf/ackermann\\_18032009.pdf](http://www.tlug-jena.de/uw_raum/vers_workshop/pdf/ackermann_18032009.pdf)
- Bizer, K. et al. (2000): Ansätze für ökonomische Anreize zum sparsamen und schonenden Umgang mit Bodenflächen. UBA-Texte 21/00, Berlin.
- Bringezu, S. et al. (2009): Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung und Ressourcenschutzstrategien unter besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen. Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 205 93 153, UBA-Texte 34/09.
- Bundesamt für Naturschutz – BfN (2007): Herausforderung Naturschutz.  
[http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/07-09-22\\_wartaweiler.pdf](http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/07-09-22_wartaweiler.pdf)
- Bundesgesetzblatt (2008): § 32 Abs. 3 Nr. 3 des Gesetzes zur Neuregelung des Rechts erneuerbarer Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften vom 25. Oktober 2008, BGBl. I Nr. 49.  
<http://www.bgblportal.de/BGBL/bgbl1f/bgbl108s2074.pdf>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF (2007): Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA). Forschungsprogramm.  
<http://www.refina-info.de/de/index.phtml>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF (2006): Kommunales Flächenmanagement in der Region (KOMREG).  
<http://www.komreg.info/Info/Info-refina.html>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – BMU (2007): Antwort auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Anton Hofreiter, Undine Kurth, Winfried Hermann, weiterer Abgeordneter und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen zum Bundeswildwegeplan als Ergänzung zum Bundesverkehrswegeplan, Drucksache 16/5835. „Bundeswildwegeplan als Ergänzung zum Bundesverkehrswegeplan.“

[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/kleine\\_anfrage\\_16\\_5835.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/kleine_anfrage_16_5835.pdf)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – BMU (Hrsg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. 28.

[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/biolog\\_vielfalt\\_strategie\\_nov07.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/biolog_vielfalt_strategie_nov07.pdf)

Bundesregierung (2008): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. Fortschrittsbericht.

[http://www.bundesregierung.de/Content/DE/\\_\\_\\_Anlagen/2008/05/2008-05-08-fortschrittsbericht-2008,property=publicationFile,property=publicationFile.pdf](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/___Anlagen/2008/05/2008-05-08-fortschrittsbericht-2008,property=publicationFile,property=publicationFile.pdf)

Dosch, F.; Müller, A. (2003): Was ist das Problem? – Städtebauliche Gestaltung jenseits von Zersiedelung. Vortrag im Rahmen von „Wie viele Quadratmeter braucht der Mensch? – Strategiekonferenz zur Eröffnung eines Dialoges über Nachhaltigkeit, Flächeninanspruchnahme, die Zukunft von Stadt und Land.“ Rat für nachhaltige Entwicklung, 30. Juni 2003, Berlin.

[http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Praesentation\\_Mausbach\\_und\\_Dosch\\_01.pdf](http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Praesentation_Mausbach_und_Dosch_01.pdf)

Esswein, H.; Jaeger, J.; Schwarz-von Raumer, H.-G. (2003): Der Grad der Landschaftszerschneidung als Indikator im Naturschutz: Unzerschnittene verkehrsarme Räume (UZR) oder effektive Maschenweite (meff)? – In: NNA-Berichte 16(2): 53-68.

Esswein, H.; Schwarz-v. Raumer, H.-G. (2004): Analyse der Landschaftszerschneidung in Hessen.

<http://www.hlug.de/medien/nachhaltigkeit/dokumente/landzerschneidung.pdf>

Gunreben, M. et al. (2007): Die Erhebung eines bundesweiten Indikators „Bodenversiegelung“. In: Bodenschutz 2007(2), Berlin, 34-38.

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung – IÖR (2007): Landschaftszerschneidung in Sachsen.

[http://www.ioer.de/langzeitmonitoring\\_uzf](http://www.ioer.de/langzeitmonitoring_uzf)

Penn-Bressel, G. et al. (1990): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr – Materialienband. UBA-Texte 90/03, Berlin.

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2587.pdf>

Reck, H. et al. (2002): Tagungsergebnis: Empfehlungen zur Berücksichtigung von Lärmwirkungen in der Planung (UVP, FFH-VU, § 8 BNatSchG, § 20c BNatSchG). In: Reck, H. (Hrsg.): Lärm und Landschaft, Schriftenreihe Angewandte Landschaftsökologie, 153-160.



- Reck, H. et al. (2007): F+E-Vorhaben „Möglichkeiten und Grenzen der UZVR zur qualitativen Bewertung, Steuerung und Kompensation von Flächeninanspruchnahmen“. Endbericht, Bundesamt für Naturschutz, FKZ 805 82 025. [http://www.uni-kassel.de/fb6/fgloebo/F+E\\_UZVR\\_Beschreibung.pdf](http://www.uni-kassel.de/fb6/fgloebo/F+E_UZVR_Beschreibung.pdf)
- Schweppe-Kraft, B. (2009): Entwicklung eines Indikators zur Messung der Zersiedelung der Landschaft. Vortrag auf Workshop „Stand und Entwicklung der Flächenversiegelung“, TLUG, Jena, 18.03.2009. [http://www.tlug-jena.de/uw\\_raum/vers\\_workshop/pdf/schweppe\\_kraft\\_18032009.pdf](http://www.tlug-jena.de/uw_raum/vers_workshop/pdf/schweppe_kraft_18032009.pdf)
- Staatsministerium des Innern – SMI (2009): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme in Sachsen – Gemeinsames Handlungsprogramm der Staatsministerien des Innern sowie für Umwelt und Landwirtschaft vom 30.04.2009. <http://www.medienservice.sachsen.de/medien/news/34053>
- Statistisches Bundesamt Deutschland – Destatis (2007): 11. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Mittlere Variante, Untergrenze: Bevölkerungsentwicklung und Altersschichtung in den Bundesländern sowie Anzahl der Haushalte für Deutschland insgesamt.
- Siedentop, S. et al. (2006): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Flächenziele im Rahmen der Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, Forschungsvorhaben im Auftrag des BBR. Dresden.
- Umweltbundesamt – UBA (2008): Daten zur Umwelt. Indikator: Fläche und Anzahl unzerschnittener verkehrsarmer Räume. <http://www.umweltbundesamt-umwelt-deutschland.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2858>

# Nachhaltig-umweltgerechte Siedlungsentwicklung – Schlüsselindikatoren der Flächennutzung im Ländervergleich

Stefan Siedentop

## Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird das methodische Konzept eines integrierten Indikatorensystems zur Abbildung der Nachhaltigkeit der Flächennutzung bzw. von Flächennutzungsänderungen vorgestellt. Das sog. „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“, welches im Rahmen eines Ressortforschungsprojektes im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung entwickelt wurde, ist als Informations- und Bewertungsinstrument zur politischen Entscheidungsunterstützung und Evaluation der Politiken zur Steuerung der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr konzipiert. Es besteht aus drei eng miteinander verzahnten Komponenten, einem Zielsystem, einem darauf bezogenen Indikatorensystem und einem Bilanzierungsverfahren, das eine zielbezogene Gesamtbewertung der Flächennutzung und ihrer Veränderung ermöglicht. Das Indikatorensystem beansprucht, alle siedlungs- und umweltpolitisch relevanten Wirkungsdimensionen der Flächennutzung abzubilden. Unterschieden werden Indikatoren zu Reduktionszielen, Schutz- und Erhaltungszielen, nutzungsstrukturellen Zielen sowie Effizienzzielen. Das Indikatorenkonzept wird näher vorgestellt und mit einer beispielhaften Anwendung für das Land Sachsen in seiner Ausgestaltung untersetzt.

## 1 Einführung

Das sog. 30-Hektar-Ziel der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, wonach die tägliche Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke von 129 Hektar im Jahr 2000 auf 30 Hektar in 2020 reduziert werden soll, hat im politischen Raum sehr unterschiedliche Reaktionen ausgelöst. Während auf umweltpolitischer Seite breite Zustimmung anzutreffen ist (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland et al. 2006; Rat für Nachhaltige Entwicklung 2004; Umweltbundesamt 2004), mangelt es nicht an kritischen Stimmen. Kritiker war-

nen vor Boden- und Mietpreissteigerungen in Folge der möglichen Verknappung von Bauland (Pfeiffer 2005) sowie vor möglichen negativen wachstumspolitischen Implikationen (Jakubowski, Zahrt 2002). Befürchtet wird ferner eine übermäßige Einschränkung der kommunalen Entwicklungsspielräume (Portz 2004) und eine strukturpolitische Benachteiligung des ländlichen Raumes (Bleicher 2004). Hinzu tritt der Vorwurf, dass das 30-Hektar-Ziel in seiner konkreten Ausformung willkürlich ist und auf einer unsicheren statistischen Grundlage basiert (siehe hierzu exemplarisch Portz 2004).

Aus umweltpolitischer Sicht wird demgegenüber beklagt, dass der Flächeninanspruchnahme als „schleichendes“, wenig sichtbares Umweltproblem nach wie vor zu geringe politische Beachtung zukommt (siehe z. B. European Environment Agency 2006). Dies liege auch daran, dass:

- sich die siedlungspolitische Diskussion einseitig auf die Bodenversiegelung als Indikator negativer Umweltwirkungen der Flächeninanspruchnahme konzentrierte, während andere ökologische Wirkfaktoren wie die Fragmentierung von Landschaftsräumen hingegen kaum reflektiert werden (Siedentop 2005),
- die ökonomischen und sozialen Wirkungen des Flächenverbrauchs wie die Infrastrukturfolgekosten des „Bauens auf der grünen Wiese“ in Politik und Öffentlichkeit immer noch zu wenig Beachtung finden (Gutsche, Schiller 2005; Schiller, Siedentop 2005).

Vor diesem Hintergrund können wissenschaftlich fundierte Indikatorensysteme helfen, Problemdimensionen eines Umweltproblems sichtbar zu machen und auf diese Weise die Akzeptanz einer globalen Minderungs politik der Flächeninanspruchnahme zu stützen (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1998). Bislang war das Angebot aussagekräftiger Indikatoren zur Beschreibung der Flächennutzung und ihrer Entwicklung jedoch begrenzt. Meist wurde lediglich der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil oder die tägliche Inanspruchnahme an Siedlungs- und Verkehrsfläche zur politischen Problemdefinition, zur politischen Zielfindung wie auch zur Evaluation siedlungspolitischer Ziele eingesetzt. Dies hat mit dazu beigetragen, dass der politische Diskurs zur Steuerung der Flächennutzung als einseitige, nur bedingt sachgerechte „Mengendebatte“ geführt wird, die wesentliche qualitative Sachbezüge mehr oder weniger ausblendet.

Ziel des Forschungsvorhabens „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“ war es, vor diesem Hintergrund ein indikatorenbasiertes Informations- und Bewertungsinstrument zu entwickeln, mit dem die derzeitige Flächennutzungsstruktur und deren Veränderungen (Flächeninanspruchnahme) auf der Ebene von Bund,

Ländern und Regionen unter quantitativen und qualitativen Gesichtspunkten bewertet werden können. Damit wird versucht, die informationelle Basis einer integrierten, nachhaltigkeitsorientierten Siedlungspolitik systematisch zu verbreitern. Das Forschungsprojekt wurde vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Zusammenarbeit mit dem Büro Regio-GIS+Planung durchgeführt (Siedentop et al. 2007).

Das „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“ soll:

- die bisherige Mengenperspektive um stärker qualitätsorientierte Informationen zu Flächennutzung und Nutzungsänderungen anreichern,
- das Informationspotenzial der Flächenstatistik verbreitern, indem die verfügbaren statistischen Datengrundlagen konsequenter genutzt, verfügbare neue Datenquellen, insbesondere Geobasisdaten, für flächenstatistische Zwecke mobilisiert und Flächennutzungsdaten mit sektoralem Fachdaten vernetzt werden,
- neben der Deskription der quantitativen und qualitativen Eigenschaften von Flächennutzung und Flächeninanspruchnahme auch eine Bilanzierung der Erreichung siedlungspolitischer Ziele leisten.

In diesem Beitrag werden das Indikatorenkonzept näher vorgestellt und beispielhafte Auswertungen pilothafter Anwendungen auf Länder- und Regionsebene präsentiert. Nachfolgend wird zunächst die wissenschaftliche Grundkonzeption des „Nachhaltigkeitsbarometers“ vorgestellt (Abschnitt 2). Dies betrifft die grundlegende Struktur in ein Ziel- und Indikatorensystem sowie die Aggregation der Einzelindikatoren zu einem Nachhaltigkeitsindex („Bilanzierungsverfahren“), den Dateneinsatz und die möglichen Raumbezüge des Barometers. Anschließend erfolgt ein Überblick über die vorgeschlagenen Indikatoren, gegliedert nach den unterschiedenen Ziel- bzw. Indikatorentypen (Abschnitt 3). Abschnitt 4 präsentiert ausgewählte Ergebnisse zur Bewertung des Landes Sachsen im Bundesländervergleich. Der Aufsatz schließt mit einem Ausblick und Anforderungen an die weitere Forschung zum Thema.

## **2 Konzeption des „Nachhaltigkeitsbarometers Fläche“**

Das Nachhaltigkeitsbarometer Fläche ist konzipiert als Informations- und Bewertungsinstrument zur politischen Entscheidungsunterstützung und Evaluation der Politiken zur Steuerung der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr. Es besteht aus drei eng miteinander verzahnten Komponenten – einem Zielsystem, einem darauf bezogenen Indikatorensystem und einem Bilanzie-

rungsverfahren, das eine zielbezogene Gesamtbewertung der Flächennutzung und ihrer Veränderung ermöglicht (vgl. Abb. 1). Die Indikatoren lassen sich mit verschiedenen Verfahren zu einem Index zusammenfassen, sie können jedoch auch individuell betrachtet werden. Das Nachhaltigkeitsbarometer ist auf unterschiedlichen administrativen Ebenen oberhalb der Gemeindeebene (Kreise bis Bund) wie auch für nicht-administrative Raumbezugssysteme (wie Gitter und Raster oder landschaftsökologische Raumbezüge wie Gewässereinzugsbereiche) anwendbar.

Inhaltlich liegt der Schwerpunkt des Nachhaltigkeitsbarometers Fläche auf dem Siedlungsraum mit seinem Bestand an Siedlungs- und Verkehrsnutzungen und seiner funktionalen Verflechtung mit dem angrenzenden Landschaftsraum. Nicht-bauliche Nutzungskategorien, wie z. B. Agrar- oder Waldflächen und deren Veränderungen, gehen nicht in die Bewertung ein, sofern sie keinen Bezug zu urbanen Nutzungsansprüchen aufweisen (zur indikatorenbasierten Bewertung der Freiraumentwicklung siehe Beitrag Walz in diesem Band).

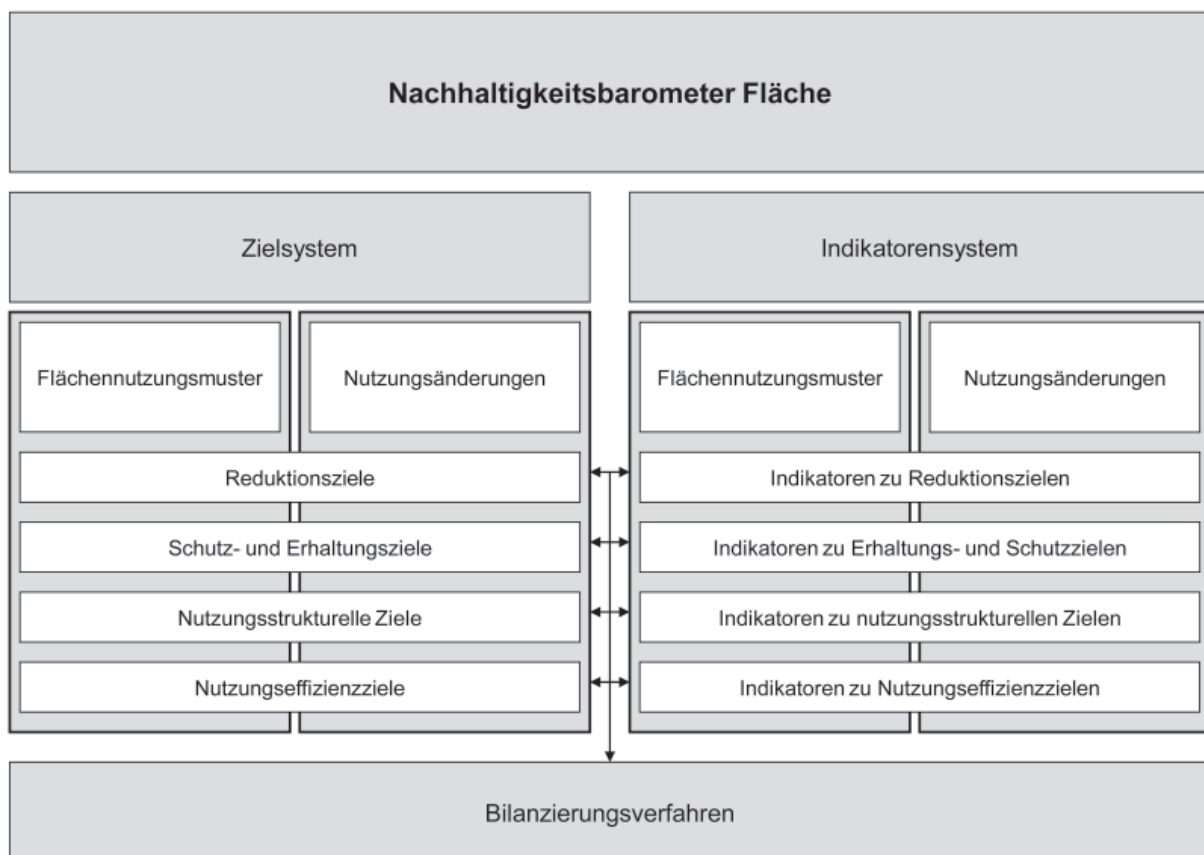


Abb. 1: Konzeptioneller Aufbau des Nachhaltigkeitsbarometers Fläche

## 2.1 Anforderungen an die Entwicklung des Ziel- und Indikatoren-systems

Die Konzeption des Nachhaltigkeitsbarometers beruht auf der Erkenntnis, dass der Flächennutzungswandel als ein multidimensionales Phänomen zu verstehen ist (Galster et al. 2001; Ewing, Pendall, Chen 2002; Torrens, Alberti 2000). Dieses kann nicht allein mit Indikatoren abgebildet werden, die lediglich quantitative, mengenbezogene Ausprägungen von Siedlungs- und Verkehrsflächen messen. Daher werden auch Indikatoren eingesetzt, die qualitative Eigenschaften der Flächennutzung erfassen. Gegenstand des Barometers ist sowohl die nutzungsbezogene „Komposition“ der Flächennutzung, worunter die nutzungsartenbezogene Zusammensetzung des Nutzungsmusters verstanden wird, als auch die „Konfiguration“ der Flächennutzung, also das räumliche Gefüge von Flächennutzungen unterschiedlicher Art.

Die Auswahl der Indikatoren beruht auf einem normativen Grundkonzept, welches auf die Abbildung (siedlungs-) politischer Zielerreichung abzielt. Unterschieden werden vier Typen von Zielen, welchen geeignete Indikatoren zugeordnet sind:

- Reduktionsziele, worunter solche Ziele zusammengefasst werden, die sich auf die quantitative Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und/oder Bodenversiegelung bzw. deren Zuwachsraten beziehen – unabhängig von der Frage, welche Flächen mit welchen Qualitäten davon betroffen sind,
- Erhaltungs- und Schutzziele, die sich auf den Schutz von Flächen mit spezifischen Umweltfunktionen bzw. Schutzgütern oder speziellen Ausprägungen dieser beziehen (z.B. Schutz von Agrarflächen mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit),
- Nutzungsstrukturelle Ziele, womit solche Ziele bezeichnet werden, die Aussagen über den räumlichen Zusammenhang von Flächennutzung und Flächeninanspruchnahme treffen (z. B. räumliche Konzentration der Siedlungsentwicklung, Minimierung der Landschaftszerschneidung durch räumliche Bündelung von Infrastruktursystemen),
- Nutzungseffizienzziele, die sich auf eine Maximierung des ökonomischen und sozialen Nutzens bei Minimierung des Flächeneinsatzes (z. B. Flächenproduktivität) beziehen.

Jedem dieser Zieltypen ist eine Menge von Zielen zugeordnet, deren Zielerreichung mit spezifischen Indikatoren gemessen wird. Der Bezug der vorgeschlagenen Indikatoren zu siedlungs- und umweltpolitischen Zielen ist damit stets

gewährleistet, womit einer Grundanforderung an die Formulierung von Umweltindikatorenssystemen Folge geleistet wird (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1998, 34).

Bei der Formulierung der Indikatoren werden eine statische und eine dynamische Perspektive unterschieden. Die statische Perspektive bildet „Makro-eigenschaften“ zusammenhängender Flächennutzungsmuster zu einem festgelegten Zeitpunkt oder zu verschiedenen Zeitpunkten ab und bewertet diese im Hinblick auf die Ziele einer nachhaltigen Flächennutzung. Eine solche Erhebung operiert mit hoch aggregierten Messgrößen (z. B. Bestand der Siedlungs- und Verkehrsfläche, Bestand an unzerschnittenen Freiräumen), die jedoch nur eine geringe zeitliche Variabilität aufweisen. Zwar kann die Veränderung von Makroeigenschaften der Flächennutzung im zeitlichen Verlauf gemessen werden, aber für Evaluationsprozesse politischen Handelns sind diesbezügliche Informationen nur von eingeschränkter Relevanz, weil politische Akteure zeitnahe Rückmeldungen über die Wirksamkeit getroffener Maßnahmen benötigen.

Aus diesem Grund wird die statische durch eine dynamische Perspektive ergänzt, die auf die in einer Bilanzperiode feststellbaren Nutzungsänderungen fokussiert. Im Gegensatz zur aggregierten Betrachtung basiert die Erhebung von Nutzungsänderungen teilweise auf einer disaggregierten, standortscharfen Betrachtung. Diese werden nach ihrer topologischen, nutzungs- und akzeptorspezifischen Ausprägung sowie dem Entwicklungskontext im Umfeld des betreffenden Standortes bewertet. Während damit die statische Perspektive Wissen für übergeordnete politische Bewertungen der Flächennutzung generiert, stellt die dynamische Perspektive in stärkerem Maße inhaltliche Bezüge zum operativen politischen Handeln auf Projektebene her.

## **2.2 Bilanzierung und Indizierung**

Die bei Anwendung der Indikatoren erzielten Messergebnisse lassen sich mit verschiedenen Verfahren zu einem Nachhaltigkeitsindex aggregieren. Im Rahmen des Bilanzierungsverfahren lassen sich drei verschiedene Verfahren der Indexbildung einsetzen: eine räumliche Indexbildung, eine zeitliche Indexbildung sowie der Einsatz von indikatorspezifischen Transformationsfunktionen (siehe hierzu Siedentop et al. 2007). Die Bilanzierung erfolgt getrennt nach Indikatoren, die das Nutzungsmuster abbilden (statische Perspektive) und solchen Größen, die Flächennutzungsänderungen messen (dynamische Perspektive). Dies erscheint sinnvoll, um politische Akteure differenzierter über Zustand und Veränderung der Flächennutzung informieren zu können.

## 2.3 Dateneinsatz und -verarbeitung

Das Nachhaltigkeitsbarometer setzt geocodierte und georeferenzierte Daten mit unmittelbarem oder mittelbarem Bezug zur Flächennutzung ein. Während bei geocodierten Daten der Raumbezug nur über einen administrativen Regionalschlüssel hergestellt werden kann (z. B. bei Daten der amtlichen Flächenstatistik) wird der Ortsbezug bei georeferenzierten Daten über geografische Koordinaten erzeugt, so dass Eigenschaften von Flächennutzungen räumlich differenzierter beschrieben werden können. Dies bedeutet für die Anwendung des Barometers, dass Methoden und Techniken geographischer Informationsverarbeitung eingesetzt werden müssen.

## 2.4 Raumbezug

Das Nachhaltigkeitsbarometer Fläche ist prinzipiell offen für einen Einsatz in verschiedenartigen Raumbezugssystemen. Neben einer Implementation auf Ebene von Bundesländern oder Kreisen ist auch eine Anwendung für eine Rasterstruktur oder eine naturräumlich definierte Gebietsstruktur (z. B. Naturräume, Gewässereinzugsbereiche) möglich. Einschränkend wirkt allerdings zum einen die Datenverfügbarkeit, da zahlreiche Datenbestände nur auf höheren administrativen Ebenen erhoben bzw. publiziert werden (wie z. B. das Bruttoinlandsprodukt). Zum anderen stellt sich bei Einsatz geocodierter Daten das generelle Problem, dass sich nicht-administrative mit administrativen (zonalen) Gebietsseinheiten räumlich überlagern. Dies ist immer dann problematisch, wenn Daten aus amtlichen Statistiken (siehe hierzu Beitrag Deggau in diesem Band) für nicht-administrative Gebietseinheiten aufbereitet werden sollen (z. B. Ermittlung des Anteils der Siedlungs- und Verkehrsfläche, SuV) für einen Gewässereinzugsbereich). Dieses Problem reduziert sich stetig, je kleinteiliger die administrativen Daten vorliegen.

## 3 Überblick über das Ziel- und Indikatorensystem

Nachfolgend werden das Zielsystem und die mit diesem korrespondierenden vier Indikatorengruppen sowie die gruppenzugehörigen Indikatoren näher vorgestellt. Die Zusammenstellung bzw. Auswahl von Zielen und Indikatoren basiert auf einer breiten Recherche siedlungspolitischer Dokumente sowie von über 40 in der Literatur vorfindbaren Indikatorenkonzepten. Insgesamt wurden 40 Indikatoren vorgeschlagen, wovon 17 als sog. „Kernindikatoren“ fungieren. Die übrigen 33 Indikatoren sind als „Ergänzungsindikatoren“ klassifiziert. Hier gibt es auch Bezüge zu Indikatoren, die das Umweltbundesamt im Zusammen-



hang mit der Beeinträchtigung von Freiräumen und Böden empfohlen hat (siehe Beitrag Penn-Bressel in diesem Band).

Reduktionsziele beziehen sich auf die quantitative Reduzierung der Flächeninanspruchnahme sowie der Bodenversiegelungen bzw. deren Zuwachsraten. Indikatoren zu Reduktionszielen geben damit Auskunft über das quantitative Vorkommen bestimmter Nutzungsarten und Nutzungsartengruppen oder über Verhältnismaße zwischen bestimmten Nutzungsarten und Nutzungsartengruppen. Mit solchen mengenbezogenen Messgrößen lässt sich vor allem die „Komposition“ eines Flächennutzungsmusters beschreiben. Dabei sind die „Konfiguration“ der Flächennutzung, also das räumliche Verteilungsmuster dieser Flächennutzungsarten sowie qualitative Eigenschaften der Flächennutzung, wie Nutzungsintensitäten und Vornutzungen der aktuellen Nutzung, nicht von Relevanz. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl vorgeschlagener Indikatoren zu Reduktionszielen.

Tab. 1: *Vorgeschlagene Indikatoren zu Reduktionszielen (Auswahl)*

Indikator – Kurzbezeichnung	Indikator – Kennzahl
Flächeninanspruchnahme (K)	Anteil der SuV-Fläche an der Gesamtfläche in %
Dynamik Flächeninanspruchnahme (K)	Zuwachs der SuV-Fläche an der Bestandsfläche in %
Bodenversiegelung (K)	Anteil versiegelter Flächen an der Gesamtfläche in %
Entsiegelung	Verhältnis des entsiegelten Flächenanteils zum Anteil neu versiegelter Flächen in der Bilanzperiode in %

Anmerkung: Kernindikatoren sind mit „K“ gekennzeichnet.

**Erhaltungs- und Schutzziele** beziehen sich in der Konzeption des Nachhaltigkeitsbarometers auf Flächeneigenschaften, die insbesondere für deren Funktion im Naturhaushalt von Bedeutung sind. Anliegen ist somit die Bewahrung bestimmter flächen- bzw. bodengebundener Umweltleistungen („Akzeptoreigenschaften“) vor Beeinträchtigungen durch Überbauung, nicht der pauschale Schutz unbesiedelter Flächen. Im Gegensatz zu den Indikatoren zu Reduktionszielen fokussieren Indikatoren zu Erhaltungs- und Schutzzielen somit auf qualitative Eigenschaften der Flächennutzung, jenseits einer globalen Unterscheidung von Siedlungsraum und Freiraum oder versiegelten und nicht versiegelten Flächen. Bei den Akzeptoreigenschaften ist zu unterscheiden zwischen physisch-materiellen Eigenschaften der von einer Inanspruchnahme für Sied-

lungszwecke betroffenen Bodenfläche (wie z. B. Bodenart und -typ, Bodenwertzahl, Biotoptyp, Vegetationsbestand) und planungsrechtlichen Zuweisungen an die Fläche (z. B. Schutzkategorien nach Naturschutz- oder Wasserrecht oder raumordnungsrechtliche Vorrang- oder Vorbehaltsgebiete).

Indikatoren zu Erhaltungs- und Schutzzielen lassen sich zum einen für eine ex post durchgeführte ökologische „Verlustrechnung“ der in einer Bilanzperiode für Siedlungs- und Verkehrszwecke in Anspruch genommenen Böden einsetzen („Wie war die Wertigkeit der in Anspruch genommenen Flächen?“). Zum anderen ermöglichen sie eine prospektive Bewertung potenzieller Siedlungs- und Verkehrsflächen, was im Rahmen der Umweltprüfung für Pläne und Programme zunehmend an Bedeutung gewinnen dürfte. Tabelle 2 zeigt eine Auswahl vorgeschlagener Indikatoren zu Erhaltungs- und Schutzzielen.

Tab. 2: Vorgeschlagene Indikatoren zu Erhaltungs- und Schutzzielen (Auswahl)

Indikator – Kurzbezeichnung	Indikator – Kennzahl
Flächeninanspruchnahme auf Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit (K)	Anteil der SuV-Fläche auf Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit (Bodenzahl > 60) in %
Durchgrünung des Siedlungsraums (K)	Anteil erholungsgerechter Flächen (Erholungs- und Friedhofsfläche) an der SuV-Fläche in %
Waldversorgung	Verfügbarkeit von Waldflächen im 20-km-Radius um den Wohnstandort (als ATKIS-Polygon) in m <sup>2</sup> / EW
Unzerschnittene verkehrsarme Räume	Anteil der Unzerschnittenen verkehrsarmen Räume UZVR > 100 km <sup>2</sup> an der Gesamtfläche in %
Dynamik der Flächeninanspruchnahme in schutzwürdigen Landschaften (K)	Verhältnis des Anteils neuer SuV-Flächen in schutzwürdigen Landschaften*) am gesamten SuV-Flächenzuwachs zum Anteil der SuV-Flächen in schutzwürdigen Landschaften*) an der gesamten SuV-Fläche (dimensionslos)
Flächeninanspruchnahme in schutzwürdigen Landschaften	Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in schutzwürdigen Landschaften*) an der Gesamtfläche schutzwürdiger Landschaften in %
Baulandpotenzial	Fläche des für Siedlungszwecke potenziell nutzbaren Freiraums („restriktionsarm“ und „städtebaulich geeignet“) in Relation zur bestehenden Siedlungs- und Verkehrsfläche in %

Anmerkungen: Kernindikatoren sind mit „K“ gekennzeichnet.

\*) Schutzwürdige Landschaften nach BfN-Definition

Als **nutzungsstrukturelle Ziele** werden Ziele bezeichnet, die Aussagen über den räumlichen Zusammenhang von Flächennutzung und Flächeninanspruchnahme treffen. Indikatoren zu nutzungsstrukturellen Zielen beziehen sich damit auf die strukturelle Ausprägung des Flächennutzungsmusters bzw. auf die räumliche Lage bestimmter Nutzungsformen im Kontext des Flächennutzungs-

musters. Wesentliche Struktureigenschaften des Nutzungsmusters sind beispielsweise:

- der Grad der räumlichen Konzentration oder Dispersion von Siedlungsflächen,
- die Art der räumlichen Zuordnung von urbanen Nutzungen innerhalb des Siedlungsraumes (z. B. Grad der Nutzungsmischung, Grad der Freiraumreichbarkeit) oder
- das Ausmaß der Landschaftszerschneidung durch lineare Verkehrswege.

Derartige strukturelle Eigenschaften stehen im engen Wechselverhältnis zu Kosten- und Nutzeneffekten der Flächennutzung, so dass ihre statistische und dynamische Erhebung von großer Bedeutung für die Aussagekraft eines flächennutzungsbezogenen Indikatorenkonzepts ist. So ist die Verkehrsintensität von Siedlungsräumen wesentlich von ihrer standörtlichen Struktur, d. h. der räumlichen Anordnung von Flächen bestimmter Nutzung bzw. Nutzungsintensität abhängig. Auch die Infrastrukturkostenintensität korrespondiert nachweislich mit siedlungsstrukturellen Eigenschaften. Mit zunehmender Verdichtung, Zentralität und Integration eines Siedlungsstandortes – so die Synthese der bisherigen Forschung – nimmt der verkehrliche Aufwand ab und die Wirtschaftlichkeit der Infrastruktur zu. Tabelle 3 zeigt eine Auswahl vorgeschlagener Indikatoren zu nutzungsstrukturellen Zielen.

Tab. 3: *Vorgeschlagene Indikatoren zu nutzungsstrukturellen Zielen (Auswahl)*

Indikator – Kurzbezeichnung	Indikator – Kennzahl
Siedlungskonzentration (K)	Anteil der SuV-Fläche in ober- und mittelzentralen Orten an der gesamten SuV-Fläche in %
Standörtliche Integration neuer Siedlungsflächen (K)	Maß der Angrenzung des Gesamtumfangs einer neuen Siedlungsfläche an bereits existierende Siedlungsflächen als Anteil des gemeinsamen Randes am Gesamtumfang der neuen Siedlungsfläche (dimensionslos)
Zerklüftungsgrad Siedlungsflächen	Verhältnis des Umfangs der Siedlungsflächen einer Gebiets-einheit zum Umfang eines Kreises mit gleichem Flächeninhalt (dimensionslos)
Wiedernutzung Brachflächen	Anteil der auf Brachen (und Baulücken) errichteten Wohnungen am Gesamtbestand neu gebauter Wohnungen in %
Verkehrliche Erschließung neuer Siedlungsflächen (K)	Anteil neuer Siedlungsflächen im Einzugsbereich schienengebundener ÖV-Systeme (U-Bahn, Straßenbahn 0,9 km; S-Bahn, Regionaler Schienenverkehr 1,2 km Radius) in %
Landschaftszerschneidung (K)	Effektive Maschenweite des Freiraums in ha

Anmerkung: Kernindikatoren sind mit „K“ gekennzeichnet.

Eine effiziente Flächennutzung ist durch eine Maximierung des ökonomischen und sozialen Nutzens bei Minimierung des Faktor- bzw. Flächeneinsatzes gekennzeichnet. Im Nachhaltigkeitsbarometer beziehen sich **Nutzungseffizienzziele** und -indikatoren damit auf den gesellschaftlichen Nutzen, der durch Art und Intensität (Quantität) von Flächennutzung und Flächeninanspruchnahme erreicht wird.

In erster Annäherung ist davon auszugehen, dass die Effizienz der Siedlungsstruktur mit zunehmender Verdichtung der Bebauung ansteigt. Je höher die Verdichtung von Einwohnern und Arbeitsplätzen, desto kostengünstiger lassen sich soziale und technische Infrastrukturen betreiben, desto geringer ist die Material- und Energie- sowie die Verkehrsintensität eines Siedlungssystems (Einig, Siedentop 1999). Empirische Belege hierfür lassen sich vor allem in ingenieurwissenschaftlichen Studien finden. Allerdings kann von einem Sättigungspunkt ausgegangen werden, oberhalb dessen keine weiteren Einsparungen an Ressourcen (z. B. Baustoffe, Energie, Kosten) pro Einheit Nutzfläche oder Haushalt mehr erzielt werden können. Auch tritt eine zunehmende Verdichtung in Konflikt mit nutzerbezogenen Präferenzen, etwa jener einer quantitativ hohen und qualitativ hochwertigen Ausstattung der Siedlungsbereiche mit Grünflächen.

Die Siedlungsdichte wird von einigen Stadtforschern auch als positive Einflussgröße für die ökonomische Leistung und Innovationsfähigkeit angesehen. Im form- und gestaltlosen suburbanen Raum könnten sich kreative Milieus weniger

Tab. 4: Vorgeschlagene Indikatoren zu Nutzungseffizienzzielen (Auswahl)

Indikator – Kurzbezeichnung	Indikator – Kennzahl
Siedlungsdichte (K)	Einwohner pro km <sup>2</sup> SuV-Fläche in EW je km <sup>2</sup>
Nutzungsintensität neuer Bebauung (K)	Verhältnis von Nettonutzfläche neuer Gebäude zu neuer Gebäude- und Freifläche (dimensionslos)
Infrastrukturaufwand „Abwasser“ (K)	Leitungslänge Abwasserkanal pro angeschlossene Einwohner in m je EW
Verdichtung im Wohnungsbau	Verhältnis Baufertigstellungen Einfamilienhäuser EFH bzw. Doppelhäuser DH zu Baufertigstellungen Mehrfamilienhäuser MFH (dimensionslos)
Verhältnis Wohnungsneubau zu Leerstand	Verhältnis Neubau zu Leerstand in Wohn- und Gewerbeimmobilien (dimensionslos)
Flächenproduktivität (K)	Bruttowertschöpfung pro SuV-Fläche in T€ / ha

Anmerkung: Kernindikatoren sind mit „K“ gekennzeichnet.

gut entwickeln. Bauliche und mit ihr soziale Dichte seien Schlüsselindikatoren für Produktivität und ökonomische Wettbewerbsfähigkeit (Cervero 2001; siehe auch Harris, Ioannides 2000). Tabelle 4 zeigt eine Auswahl vorgeschlagener Indikatoren zu Nutzungseffizienzzielen.

#### **4 Beispielhafte Anwendungen**

Gegenstand des Forschungsvorhabens „Nachhaltigkeitsbarometer Flächen“ war nicht nur die Entwicklung eines Ziel- und Indikatorensystems, sondern auch dessen Test mit den für Bund und Länder verfügbaren Daten. Die hierzu durchgeführten „Testläufe“ haben die grundlegende Eignung des Bilanzierungsansatzes demonstrieren können. Es ist gelungen, eine Reihe von Indikatoren zu realisieren, mit denen die Bewertung der Flächennutzung und ihrer Veränderung auf eine sachlich weitaus breitere Basis gestellt werden kann, als dies bisher, gemessen an der bis heute üblichen „Hektar-pro-Tag-Debatte“, der Fall ist. Hierzu zeigt Abbildung 2 einige Indikatoren mit einer bewusst einfach gehaltenen Bewertung („eher positiv“ und „eher negativ“) auf Rasterbasis (siehe dazu Beitrag Wonka in diesem Band).

Im Folgenden sollen ausgewählte Ergebnisse anhand von länderbezogenen Auswertungen vorgestellt werden. Im Mittelpunkt steht dabei das Bundesland Sachsen im Spiegel der west- und ostdeutschen Bundesländer. Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse eines „Nachhaltigkeitsranking“ für alle Bundesländer, getrennt nach der Bewertung des Flächennutzungsmusters zu einem aktuellen Zeitpunkt und der im Zeitraum zwischen 1990 bis 2000 bzw. 2000 und 2004 erfolgten Nutzungsänderungen. Die unterschiedlichen Zeiträume erklären sich durch den parallelen Einsatz von CORINE-Daten für den Zeitraum 1990 bis 2000 bzw. Daten der amtlichen Flächenerhebung für den Zeitraum 2000 bis 2004.

Auf die Methodik des Ranking kann an dieser Stelle nicht vertiefend eingegangen werden (zu methodischen Einzelheiten siehe Siedentop et al. 2007). Die Indizes der Indikatoren auf Landesebene wurden mit dem jeweiligen Bundesdurchschnitt in Beziehung gesetzt. Werte größer 100 zeigen positiv interpretierte Abweichungen vom Bundesmittel an, Werte kleiner 100 negativ ausgelegte Abweichungen. Insgesamt bezieht das Ranking 23 Indikatoren ein, drei zu Reduktionszielen, sieben zu Erhaltungs- und Schutzzielen, sechs zu nutzungsstrukturellen Zielen und sieben zu Nutzungseffizienzzielen.

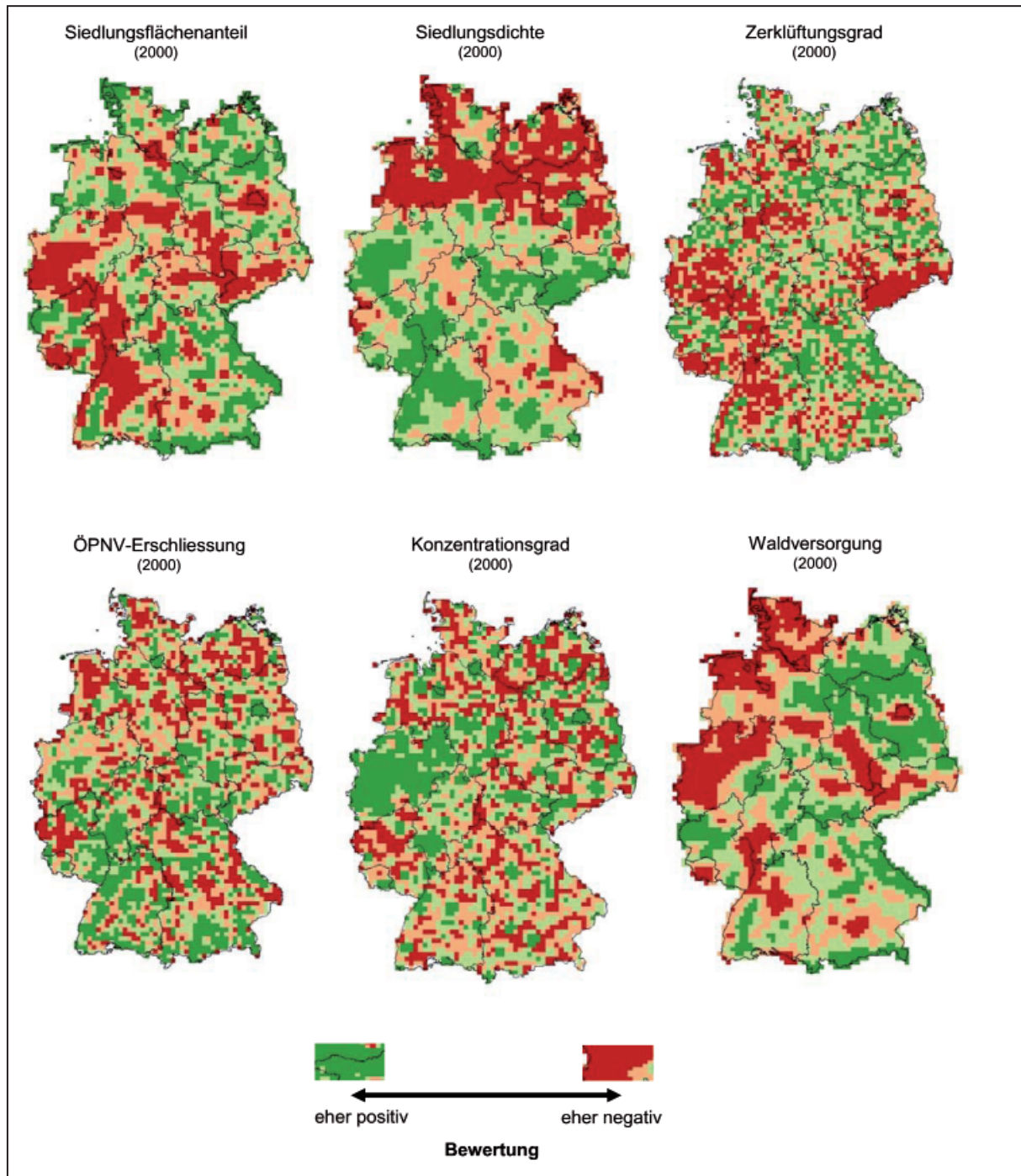


Abb. 2 Beispielhafte Anwendung ausgewählter Indikatoren auf Rasterbasis (Rasterweite 10 km)  
(Quelle: Eigene Darstellung)

Für Sachsen sei ausgesagt, dass das Land sowohl beim Nutzungsmuster als auch bei Bewertung der Nutzungsänderungen für die o. g. Zeiträume eine positive Abweichung vom Bundesmittel ausweist. Bei den Indikatoren zum Flächennutzungsmuster ist dies vor allem erklärbar durch die vergleichsweise kompakte Siedlungsstruktur Sachsens mit überdurchschnittlicher Siedlungsdichte und unterdurchschnittlichem Zersiedelungsgrad. Bei den Nutzungsänderungen fällt die Bewertung Sachsens noch positiver aus. Neben der unterdurchschnittlichen

Neuinanspruchnahme von Siedlungsflächen kann dies u. a. auf eine unterdurchschnittliche Siedlungs- und Verkehrsflächenausdehnung in nicht- oder unterzentralen Gemeinden („Dispensionsdynamik“) und die überdurchschnittliche Allokation neuer Siedlungsnutzungen im Einzugsbereich schienengebundener öffentlicher Verkehrsmittel zurückgeführt werden.

Der wohl problematischste Trend der Veränderung der Siedlungsstruktur Sachsens ist der massive Rückgang der Siedlungsdichte infolge des Bevölkerungsrückgangs seit 1990. Zahlreiche Forschungsarbeiten zeigen, dass die Siedlungsdichte eine wesentliche Einflussgröße für die Effizienz technischer Ver- und Entsorgungsnetze ist (siehe z. B. Herz, Werner, Marschke 2002; Koziol 2004; Schiller, Siedentop 2005). Da die technische Infrastruktur – im Gegensatz zu den meisten sozialen Dienstleistungen – über direkte physische Verbindungen zu den Nutzern verfügt (in Form von Straßen und Leitungswegen), führen Veränderungen der Siedlungsdichte unmittelbar zu Veränderungen der Auslastungssituation der Netze und Anlagen. Sinkt die Dichte unter kritische Schwellen, kann technischen Infrastrukturleistungen sogar die Funktionsuntüchtigkeit drohen. Aber auch oberhalb kritischer Dichteschwellen verursachen Entdichtungsprozesse Mehrkosten, die auf die Gebührenzahler umgelegt werden („Remanenzkosten“).

Tab. 5: Gesamtbilanzierung der Indizes, getrennt nach Flächennutzungsmuster und Flächennutzungsänderungen für den Zeitraum 1990-2000 bzw. 2000-2004  
(Quelle: Siedentop et al. 2007)

Bundesland	Gesamtbilanzierungsindex Nutzungsmuster	Gesamtbilanzierungsindex Nutzungsänderungen
Baden-Württemberg	95	128
Bayern	101	120
Brandenburg	107	81
Hessen	97	136
Mecklenburg-Vorpommern	115	69
Niedersachsen	91	96
Nordrhein-Westfalen	80	113
Rheinland-Pfalz	92	109
Saarland	74	101
<b>Sachsen</b>	<b>103</b>	<b>115</b>
Sachsen-Anhalt	108	51
Schleswig-Holstein	92	67
Thüringen	111	125
Bund	100	100

Anmerkung: ohne Berlin, Hamburg und Bremen  
(positive Abweichungen vom Bundesmittel grau unterlegt)

Die Abbildungen 3 und 4 verdeutlichen die relative Position Sachsens im Bundesvergleich mit Hilfe eines Indikatorenprofils und damit einer weniger stark aggregierten Darstellung. Positiv interpretierte Abweichungen werden hier durch Werte kleiner als 1 angezeigt (ein Wert von 1 würde bedeuten, dass die jeweilige Indikatorenprägung Sachsens dem Wert für das gesamte Bundesgebiet entspricht). Wie oben bereits ausgeführt wurde, weist Sachsen noch eine vergleichsweise kompakte Siedlungsstruktur mit einem unterdurchschnittlichen Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil, einer überdurchschnittlichen Erschließung von Siedlungsflächen durch schienengebundene öffentliche Verkehrsmittel, eine überdurchschnittliche Siedlungsdichte und einen ebenfalls überdurchschnittlichen Flächenanteil an großen unzerschnittenen Freiräumen (an der Landesfläche) auf (Abb. 3). Negativ bewertet sind die Flächenproduktivität (Wirtschaftsleistung je Flächeneinheit Siedlungs- und Verkehrsfläche) als Folge der schwierigen Wirtschaftslage Sachsens und der sog. Zerklüftungsgrad, welcher als das Verhältnis des Umfangs der Siedlungsflächen zum Umfang eines Kreises mit gleichem Flächeninhalt berechnet wird. Die linearen, bandartigen Siedlungsstrukturen, die vor allem im Erzgebirgsraum und in der Oberlausitz bereits historisch dominant sind, bewirken hier ein negatives Abweichen vom Bundesmittel.

Bei der Bewertung der Veränderungen der Siedlungs- und Flächennutzungsstruktur Sachsens fällt – wie oben bereits erwähnt – die stark negative Entwicklung der Siedlungsdichte auf (Abb. 4). Ebenfalls negativ ist die standörtliche Integration neuer Siedlungsflächen, was möglicherweise vor allem auf die Industrie- und Gewerbegebietsentwicklung der 1990er Jahre entlang der Autobahnkorridore zurückgeführt werden kann. In überdurchschnittlicher Weise wurden neue Siedlungsgebiete in Sachsen in räumlicher Distanz zu bestehenden Siedlungsflächen entwickelt. Alle anderen Indikatoren zeigen aber für Sachsen positive Abweichungen vom Bundesmittel. Schutzwürdige Flächen der Landwirtschaft (hochwertige Böden) und des Naturschutzes („schutzwürdige Landschaften“) wurden in Sachsen in unterdurchschnittlicher Weise für Zwecke der Siedlungsentwicklung in Anspruch genommen.



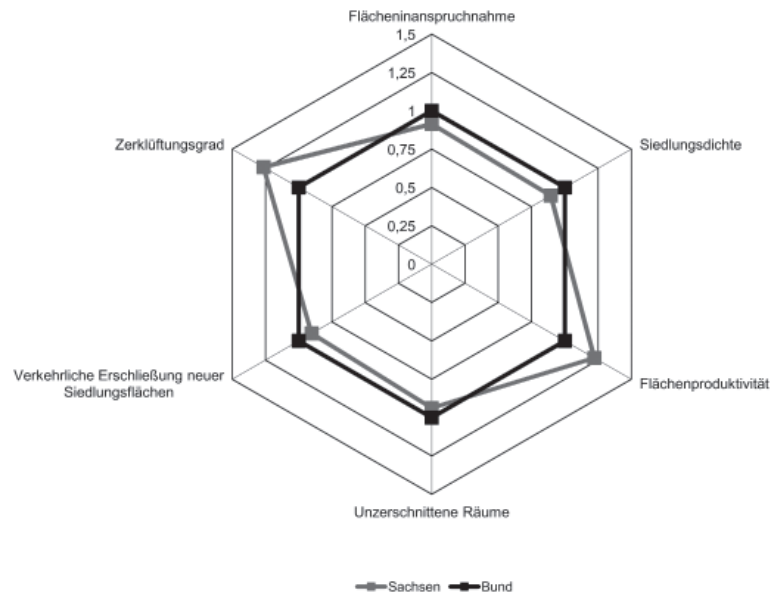


Abb. 3: Indikatorenprofil für das Bundesland Sachsen im Vergleich zum Bundesmittel – Bewertung des Flächennutzungsmusters (Stand 2000 bzw. 2004) (Quelle: Eigene Darstellung)

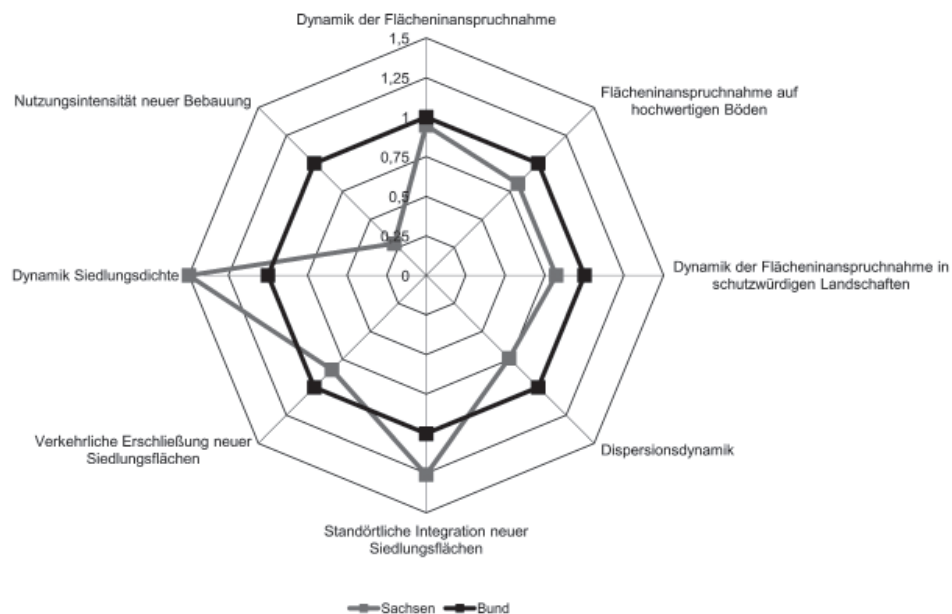


Abb. 4: Indikatorenprofil für das Bundesland Sachsen im Vergleich zum Bundesmittel – Bewertung der Nutzungsänderungen im Zeitraum von 2000 bis 2004 bzw. 1990-2000 (Quelle: Eigene Darstellung)

## 5 Fazit und Ausblick

Mit dem Nachhaltigkeitsbarometer Fläche liegt ein praktisch einsetzbares, einfach handhabbares Bewertungsinstrument für die Siedlungspolitik vor, mit dem die Siedlungs- und Flächennutzungsstruktur und ihre Entwicklung einer umfassenden Analyse und Bewertung unterzogen werden kann. Das Barome-

ter eignet sich vor allem für die Evaluation (Erfolgskontrolle) politischer Pläne und Programme auf verschiedenen Ebenen. Ebenso lassen sich überregionale Benchmarking Studien mit dem Flächenbarometer unterstützen. Die Bewertung des Entwicklungspfades eines Landes oder einer Region mit Blick auf die Entwicklung anderer Regionen kann politische Lernprozesse stimulieren.

Viele der oben dargelegten Indikatoren konnten im Rahmen des Forschungsprojektes nur mit „Behelfsdaten“, wie z. B. CORINE Land Cover getestet werden. In Zukunft wird es darauf ankommen, solche Daten für die Anwendung des Barometers zu mobilisieren, die bislang kaum für ein Monitoring der Siedlungs- und Flächennutzungsentwicklung genutzt wurden. Dies betrifft insbesondere ATKIS-Daten (siehe Beitrag Schumacher & Meinel in diesem Band). Durch eine systematische Basierung des Barometers auf ATKIS-Datenbeständen könnte die Aussagefähigkeit der Indikatoren und Rankings weiter gesteigert werden.

## Literatur

- Bleicher, R. (2004): Begrenzung der Flächeninanspruchnahme – aber mit Augenmaß. In: *Der Landkreis. Zeitschrift für kommunale Selbstverwaltung*, 74, H. 10, 604-606.
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) et al. (2006): *Aktiv für Landschaft und Gemeinde! Leitfaden für eine Nachhaltige Siedlungsentwicklung*. Berlin.
- Cervero, R. (2001): Efficient urbanisation: economic performance and the shape of the metropolis. In: *Urban Studies*, 38, H. 10, 1651-1671.
- Einig, K.; Siedentop, S. (1999): Stoffströme in Großstadtregionen als kumulative Wirkungen von Flächennutzungsentscheidungen. In: Friedrichs, J., Hollaender, K. (Hrsg.): *Theorie stadtökologischer Forschung*. Berlin, 61-82.
- European Environment Agency (2006): *Urban sprawl in Europe. The ignored challenge*. In: *EEA Report No 10/2006*; Copenhagen..
- Ewing, R.; Pendall, R.; Chen, D.T. (2002): *Measuring Sprawl and its impacts*. Washington D. C.
- Galster, G.; Hanson, R.; Wolman, H.; Coleman, S. (2001): Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. In: *Housing Policy Debate*, 12, H. 4, 681-717.

- Harris, T. F.; Ioannides, Y. M. (2000): Productivity and metropolitan density. Medford, MA.
- Herz, R.; Werner, M.; Marschke, L. (2002): Anpassung der technischen Infrastruktur. In: Bundesministerium für Verkehr Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Fachdokumentation zum Bundeswettbewerb „Stadtumbau Ost“. Expertisen zu städtebaulichen und wohnungswirtschaftlichen Aspekten des Stadtumbaus in den neuen Ländern. Berlin, 50-60.
- Jakubowski, P.; Zahrt, M. (2002): Wie vertragen sich Flächenschutz und Beschäftigungsziel? In: Wirtschaftsdienst, H. 11, 675-683.
- Koziol, M. (2004): Folgen des demographischen Wandels für die kommunale Infrastruktur. In: Deutsche Zeitschrift für Kommunalwissenschaften, H. 1, 69-83.
- Pfeiffer, U. (2005): Umwidmung von Naturflächen – konzeptionelle Probleme. Kurzfassung eines Gutachtens für das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Berlin.
- Portz, N. (2004): Entwicklungschancen in Kommunen erhalten. DStGB-Position zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. In: Stadt und Gemeinde, H. 3, 88-90.
- Rat für Nachhaltige Entwicklung (2004): Mehr Wert für die Fläche: Das „Ziel-30-ha“ für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land. Berlin.
- Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1998): Grundlagen der umweltpolitischen Entscheidungsfindung. In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung, 11, H. 1, 27-42.
- Schiller, G.; Siedentop, S. (2005): Infrastrukturfolgekosten der Siedlungsentwicklung unter Schrumpfungsbedingungen. In: DISP, H. 160, 83-93.
- Siedentop, S. (2005): Problemdimensionen der Flächeninanspruchnahme. In: Besecke, A., Hänsch, R., Pinetzki, M. (Hrsg.): Das Flächensparbuch. Diskussion zu Flächenverbrauch und lokalem Bodenbewußtsein. Berlin, 19-27.
- Siedentop, S.; Heiland, S.; Lehmann, I.; Schauerte-Lüke, N. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. In: Forschungen, H. 130; Bonn.
- Torrens, P. M.; Alberti, M. (2000): Measuring sprawl. In: CASA Paper 27; London.
- Umweltbundesamt (2004): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr. In: Materialienband, UBA-Texte 90/03; Berlin.

# Indikatorenbasierte Bewertung der Freiraumentwicklung

Ulrich Walz

## Zusammenfassung

Für den im Aufbau befindlichen Monitor zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. sollen im Teilsystem „Freiraumstruktur und Landschaftsfunktionen“ zur Beschreibung von Zustand, Entwicklung und Belastung der Freiräume geeignete Indikatoren entwickelt werden.

Dazu werden in diesem Beitrag zunächst vorhandene oder konzeptionierte Indikatorensysteme auf Bundesebene hinsichtlich Ihrer Inhalte zum Freiraum untersucht und verglichen. Auf dieser Basis werden Überlegungen zu ergänzenden Indikatoren angestellt. Es werden Indikatoren u. a. zur Naturnähe und Störungsintensität der Flächennutzung, zu Schutzgebieten, zur Durchlässigkeit des Verkehrsnetzes, zur Dichte von kleinräumigen Landschaftselementen in der Offenlandschaft, zu Veränderungen der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Überschwemmungsgebieten und zur Qualität von Erholungsgebieten vorgeschlagen. Deutlich wird aber auch, dass neben den ATKIS-Daten weitere Datengrundlagen herangezogen werden müssen, die derzeit teilweise noch nicht flächendeckend verfügbar sind.

## 1 Einleitung

Umweltindikatoren sind ein Instrument zur Erkennung positiver oder negativer Entwicklungen in Handlungsfeldern des Umwelt- und Naturschutzes und der Raumentwicklung. Im Teilsystem „Freiraumstruktur und Landschaftsfunktionen“ des im Aufbau befindlichen Monitors zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. sollen der Zustand sowie die Entwicklung und Belastung der Freiräume durch Indikatoren beschrieben werden. Im Fokus stehen die Schutzgüter Biodiversität und Boden, der Hochwasserschutz sowie die Erholungseignung der Landschaft. Basis sind regelmäßige automatisierte Auswertungen zur Entwicklung der Flächennutzung und der Struktur der Freiräume in Deutschland. Für diese Zwecke soll ein Indi-

katorensystem entwickelt werden, mit dem Änderungen der Landschaftsstruktur, die Flächeninanspruchnahme hochwertiger Böden, Nutzungsänderungen in Überschwemmungsgebieten, die Flächeninanspruchnahme und Zerschneidung von Schutzgebieten und Biotopverbundkorridoren sowie in überregional bedeutsamen Erholungsgebieten regelmäßig ermittelt werden können.

Der vorliegende Beitrag hat eher konzeptionellen Charakter als dass ein „fertiges“ Programm für Freiraum-Indikatoren innerhalb des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung vorgelegt würde. Es werden Ergänzungsmöglichkeiten zu bestehenden Indikatorensystemen und entsprechende Lösungsansätze aufgezeigt.

### **Definition von Freiraum**

Aus landschaftsökologischer Sicht wird als Freiraum der ‚...durch Bebauung und linienartige bebauungsähnlich Infrastruktureinrichtungen nicht betroffene...‘ Teil der Landschaft angesehen (Baier 2000, 103). Freiraum ist damit ein Gegenbegriff zum Siedlungsraum, er grenzt die freie unbebaute Landschaft von den überbauten Flächen ab. Freiräume sind charakterisiert durch einen naturnahen Zustand oder Nutzungen, die den ökologischen Grundfunktionen einer Landschaft überwiegend verträglich sind, wie z. B. Land- und Forstwirtschaft oder Fischerei. Im Unterschied zum Freiraum werden die nicht überbauten und unversiegelten Flächen innerhalb des Siedlungsraumes, also die Gärten und Hinterhöfe, die Stadtparks und Friedhöfe, als Grün- oder Freiflächen bezeichnet. In Abgrenzung zu Freiflächen wird der Begriff Freiraum in der Regel in der Regional- und Landesplanung benutzt (Baier et al. 2006, 11; Ritter 2005, 336; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) 2000, 71-72).

Diese Definitionen zeigen, dass Freiraum ein komplexes räumliches Konstrukt ist, das sich als Gegenstück zum Siedlungsraum (im Zusammenhang bebauten Ortslagen) und aus den Räumen zwischen den Verkehrsstrassen mit zerschneidender Wirkung ergibt. Dabei können Freiräume durchaus kleinere bebaute Objekte (Versorgungsanlage, Aussiedlerhöfe, kleinere technische Bauwerke, Weiler) enthalten.

Eine wesentliche Frage dreht sich darum, ob der Freiraum als eigenständiges Schutzgut in der Raumplanung betrachtet werden sollte. So schreibt Baier (2000, 114): „Der (landschaftliche) Freiraum ist bei allen landschaftsplanerischen Aktivitäten, [...] insbesondere auch bei der Ermittlung von Vorranggebieten des Naturschutzes, als eine selbstständige Ressource (Wert- und Funktionselement, Schutzgut) neben Boden, Wasser, Tieren und Pflanzen, Klima und Luft zu behandeln.“

## 2 Bestehende Ansätze zu Freiraumindikatoren

Wesentliche Indikatorensysteme zur Flächenentwicklung und deren Umweltauswirkungen in Deutschland sind:

- Die *Indikatoren zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland* (Bundesregierung Deutschland 2002).
- Das *Umwelt-Kernindikatorensystem des UBA (KIS)*<sup>1</sup>.
- Die *Indikatoren der Länderinitiative Kernindikatoren* (LIKI – Länderinitiative für einen länderübergreifenden Kernindikatoreneinsatz 2006).
- Die *Indikatoren zur nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt* (Bundesministerium für Umwelt 2007).

Forschungsprojekte, in denen ebenfalls Indikatoren vorgeschlagen wurden, sind:

- das *Nachhaltigkeitsbarometer Fläche* (Siedentop, Heiland 2007),
- das *Flächenbarometer*<sup>2</sup>.

### 2.1 Indikatoren zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland

Zur Messung der nachhaltigen Entwicklung von Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft hat die Bundesregierung in ihrer 2002 aufgelegten Nachhaltigkeitsstrategie 21 Indikatoren festgelegt (Bundesregierung Deutschland 2002). Mit dem alle zwei Jahre erscheinenden Indikatorenbericht dokumentiert das Statistische Bundesamt im Auftrag der Bundesregierung, welche Trends sich in Bezug auf die nachhaltige Entwicklung in Deutschland abzeichnen.<sup>3</sup> Darin sind folgende flächenbezogene Indikatoren enthalten, die auch in die Indikatoren zur biologischen Vielfalt eingehen (also ident sind) (Statistisches Bundesamt 2008, 69-72):

Indikator 4: Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche (ha/Tag)

Indikator 5: Artenvielfalt und Landschaftsqualität (Index, 2015 = 100) (Basis: Monitoring von 59 Vogelarten)

---

<sup>1</sup> <http://www.umweltbundesamt-umwelt-deutschland.de>

<sup>2</sup> <http://www.refina-info.de/de/projekte/anzeige.phtml?id=3103>

<sup>3</sup> <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/der-rat/strategie/indikatorenbericht-2008/>

## 2.2 Umwelt - Kernindikatorensystem des UBA (KIS)

Das Umwelt-Kernindikatorensystem des Umweltbundesamtes (KIS) dient dem Ziel, politische Entscheidungsträger, Öffentlichkeit und Medien aktuell und komprimiert über umweltbezogene Fortschritte auf dem Weg zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland zu informieren. Es ergänzt die Umweltindikatoren des nationalen Nachhaltigkeits-Indikatorenansatzes um weitere Indikatoren, mit denen umfassend Ursache und Wirkungen von Umweltbelastungen abgebildet werden können.<sup>4</sup>

Die vier Leitthemen des KIS (Klimaänderungen; Biologische Vielfalt, Naturhaushalt und Landschaft; Umwelt, Gesundheit und Lebensqualität; Ressourcennutzung und Abfallwirtschaft) sind in 16 Themen gegliedert, die mehr als 50 Indikatoren beinhalten.

Wesentliche Indikatoren zum Zustand und zur Struktur der Freiräume sind:

### *Arten-, Lebensraum- und Landschaftsvielfalt*

- Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt
- Gefährdung von Biotoptypen
- Fläche und Anzahl unzerschnittener verkehrsarmer Räume (UZVR)
- Zersiedelung der Landschaft

### *Gebiets- und Flächenschutz*

- Natura 2000-Gebietsmeldungen in Deutschland
- Streng geschützte Gebiete (Naturschutzgebiete, Nationalparke)

### *Landnutzung*

- Anteil ökologische Landwirtschaft
- Flächenanteil FSC oder Naturland zertifizierter Waldfläche

### *Bodenressourcen*

- Flächeninanspruchnahme (für Siedlungs- und Verkehrsfläche)
- Nutzungsabhängige Erosionsgefährdung in Deutschland

---

<sup>4</sup> <http://www.umweltbundesamt-umwelt-deutschland.de/umweltdaten/public/theme.do?nodent=2702>

### 2.3 Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI; UMK)

Im Auftrag der Umweltministerkonferenz (UMK) wurde vom „Bund-Länder Arbeitskreis Nachhaltige Entwicklung“ (BLAG NE) ein Satz von 24 umweltbezogenen Kernindikatoren einer nachhaltigen Entwicklung vorgelegt. Die Indikatoren wurden in enger Zusammenarbeit mit der Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) der Landesumweltämter mit dem Ziel erstellt, eine möglichst einheitliche Anwendung von Indikatoren in Bund und Ländern zu gewährleisten.

Mit den LIKI-Indikatoren sollen alle umweltbezogenen Themenfelder der Nachhaltigkeit (z. B. Klimaschutz, Mobilität, Flächennutzung, Schutz natürlicher Ressourcen) abgedeckt werden. Einige LIKI-Indikatoren sind gleichzeitig Bestandteil der Nachhaltigkeitsstrategie bzw. des KIS. Indikatoren mit Bezug zur Flächennutzung im Freiraum sind (LIKI – Länderinitiative für einen länderübergreifenden Kernindikatoreneinsatz 2006):

#### *Indikator 6 Flächenverbrauch*

- Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen (m<sup>2</sup>/Kopf und Jahr)
- Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Landesfläche (%)
- Anteil der versiegelten Fläche an der Siedlungs- und Verkehrsfläche (%)

#### *Indikator 10 Landschaftszerschneidung*

- Anteil UZVR über 100 km<sup>2</sup> an der Landesfläche (%)
- effektive Maschenweite  $M_{\text{eff}}$  (km<sup>2</sup>)

#### *Indikator 17 Erholungsflächen*

- Anteil der Erholungs- und Friedhofsflächen an den Siedlungs- und Verkehrsflächen in Agglomerationsräumen und verstäderten Räumen (%)

#### *Indikator 22 Naturschutzflächen*

- Anteil der bundeseinheitlich streng geschützten Gebiete des Naturschutzes an der Landesfläche (%)

### 2.4 Indikatoren der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt

Mit der „Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt“ (Bundesministerium für Umwelt 2007) erfüllt Deutschland den Artikel 6 des Übereinkommens über die biologische Vielfalt. Dieser sieht vor, dass „jede Vertragspartei (...) nationale Strategien, Pläne oder Programme zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der



biologischen Vielfalt entwickeln oder zu diesem Zweck ihre bestehenden Strategien, Pläne und Programme anpassen“ wird (United Nations 1993)<sup>5</sup>.

Um zu gewährleisten, dass die Strategie zur biologischen Vielfalt zu einer dauerhaften Erhaltung der biologischen Vielfalt beiträgt, soll eine Erfolgskontrolle in regelmäßigen Abständen stattfinden. Mit einem Indikatorenset wird zukünftig eine zusammenfassende Erfolgskontrolle der Strategie vorgenommen und Trends auf Bundesebene erkennbar gemacht. Das Indikatorenset soll regelmäßig aktualisiert werden und ist Bestandteil des Rechenschaftsberichts der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Zu den derzeit verfügbaren Indikatoren wird von der Bundesregierung noch Ergänzungsbedarf gesehen, da wichtige Aussagebereiche noch nicht abgedeckt sind. Eine ausreichende Bewertung der Erfolge der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt benötigt vor allem weitere Indikatoren, die den Zustand der biologischen Vielfalt darstellen können (Bundesministerium für Umwelt 2007).

Wichtige Indikatoren mit Flächenbezug sind:

- Fläche streng geschützter Gebiete,
- Natura-2000-Gebietsmeldungen,
- Flächeninanspruchnahme: Zunahme Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV),
- Landschaftszerschneidung,
- Zersiedelung der Landschaft.

## 2.5 Nachhaltigkeitsbarometer Fläche

Ziel des vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) finanzierten Forschungsvorhabens „Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele („Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“)" war die Entwicklung eines indikatorenbasierten Informations- und Bewertungsinstrumentes. Mit diesem soll die derzeitige Flächennutzungsstruktur (Flächennutzung) und deren Veränderungen (Flächeninanspruchnahme) auf der Ebene von Bund, Ländern und Regionen bewertet werden können – und zwar nicht nur unter quantitativen, sondern ebenso unter qualitativen Gesichtspunkten (Siedentop, Heiland 2007). Das entwickelte Indikatorenset des „Nachhaltigkeitsbarometers Fläche“ wird

---

<sup>5</sup> s. a.: <http://www.biodiv-chm.de/konvention/F1052472545/1049896579/download>

derzeit allerdings als solches nicht als Monitoringsystem betrieben. Indikatoren mit Bezug zum Freiraum sind:

### **Indikatoren zu Erhaltungs- und Schutzzielen**

- E1 Flächeninanspruchnahme auf Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit (Anteil der SuV auf Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit (Bodenzahl > 60) in %)
- E5 Waldversorgung (Verfügbarkeit von Waldflächen im 20-km-Radius um den Wohnstandort in m<sup>2</sup> je Einwohner)
- E6 Unzerschnittene Räume (Anteil der UZVR > 100 km<sup>2</sup> an der Gesamtfläche in %)
- E7 Flächeninanspruchnahme in Schutzgebieten (Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil in Schutzgebieten in % (TW-SG, LSG, NSG, Nationalpark, Flächenhaftes ND))
- E8 Flächeninanspruchnahme in schutzwürdigen Landschaften (Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche in schutzwürdigen Landschaften (gemäß BfN) an der Gesamtfläche schutzwürdiger Landschaften in %)

### **Indikatoren zu nutzungsstrukturellen Zielen**

- S10 Landschaftszerschneidung (Effektive Maschenweite des Freiraums in ha)
- S12 Effektiver Freiflächenanteil (siehe Berechnungsformel nach Schweppe-Kraft 2006)

## **2.6 Das Flächenbarometer (REFINA)**

Der Förderschwerpunkt „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)“<sup>6</sup> des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ist Teil der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung. Im Rahmen des Projektes „Entwicklung und Evaluierung eines fernerkundungsbasierten Flächenbarometers als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanagement“ wurde ein Indikatorenset zur Beobachtung der Siedlungsflächenentwicklung vorgeschlagen. Besondere Berücksichtigung fanden dabei Fernerkundungsmethoden.

---

<sup>6</sup> <http://www.refina-info.de/>

Indikatorenkatalog (Esch et al. 2009):

### **Indikatoren zu Reduktionszielen**

R1\_2 Flächeninanspruchnahme (Statistik)

R2\_2 Dynamik Flächeninanspruchnahme (Statistik)

R4 Bodenversiegelung (Fernerkundung)

### **Indikatoren zu Erhaltungs- und Schutzzielen**

E3 Durchgrünung des Siedlungsraumes (Fernerkundung, Statistik)

### **Indikatoren zu nutzungsstrukturellen Zielen**

S4 Zerklüftungsgrad (des Siedlungsgebietes) (Geobasisdaten)

S10 Landschaftszerschneidung (Geobasisdaten)

S12 Effektiver Freiflächenanteil (Geobasisdaten)

### **Indikatoren zu Nutzungseffizienzzielen**

N1\_4 Bodenversiegelung pro Kopf (Fernerkundung, Statistik)

N6 Entdichtung im Wohnungsbau (Statistik)

N9\_1 Flächenproduktivität (Wertschöpfung je Fläche) (Statistik)

N9\_2 Flächeneffizienz (Arbeitsplätze je Fläche) (Statistik)

N9\_3 Gewerbe und Industrieflächeneffizienz (Statistik)

N10\_2 Dynamik Flächenproduktivität (Statistik)

N11 Nutzungsdichte (Statistik)

### **Indikatoren zur zukünftigen Flächenentwicklung**

Flächenbedarf (Statistik)

Dynamik Flächenbedarf (Statistik)

## **2.7 Zusammenschau von Freiraumindikatoren mit Bezug auf die Entwicklung der Flächennutzung**

Eine Zusammenschau der in den genannten Indikatorensystemen enthaltenen, für die Thematik Freiraum relevanten Indikatoren zeigt, dass eine Vielzahl von Indikatoren in mehreren Systemen enthalten ist. Teilweise beziehen sich diese Systeme aufeinander, so dass in der Realität wenige Doppelungen stattfinden. Im Bereich Nachhaltigkeit legen die beiden Forschungsprojekte weitergehende

Vorschläge vor, die jedoch bisher nicht operationell umgesetzt werden. Insbesondere im Bereich der Biologischen Vielfalt besteht noch Bedarf für eine Erweiterung der Indikatoren. Mit dem Konzept der Ökologischen Flächenstichprobe wurden dazu schon Anfang der 1990er Jahre Konzepte vorgelegt (Dröschmeister 2001), die allerdings bis heute auf Bundesebene mangels Datenverfügbarkeit nicht umgesetzt wurden. Weiterhin sind konkrete lagebezogene Aussagen zur Flächeninanspruchnahme in den etablierten Systemen nicht möglich. Lediglich das Konzept des Nachhaltigkeitsbarometers sieht Aussagen zur Flächeninanspruchnahme in schutzwürdigen Landschaften, in Schutzgebieten und auf Böden mit hoher Ertragsfähigkeit vor.

Tab. 1: Zusammenschau der unterschiedlichen Indikatoren in den einzelnen Systemen  
(Quelle: Eigene Bearbeitung)

Indikatorenset / Institution	NHS	KIS	LIKI-UMK	BDS	BN	FB
Landschaftszerschneidung		x	x	x	x	
Zersiedelung der Landschaft		x		x		
Effektiver Freiflächenanteil					x	
Natura 2000-Gebietsmeldungen		x		x		
Streng geschützte Gebiete		x	x	x		
Flächeninanspruchnahme	x	x	x	x		x
Flächeninanspruchnahme in schutzwürdigen Landschaften					x	
Flächeninanspruchnahme in Schutzgebieten					x	
Flächeninanspruchnahme auf Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit					x	
Erholungsflächen			x			
Waldversorgung					x	
Artenvielfalt / Landschaftsqualität	x					

Anmerkung: NHS = Nachhaltigkeitsindikatoren; KIS = Kernindikatoren; UMK = Umweltministerkonferenz; BDS = Nationale Biodiversitätsstrategie; BN = Barometer Nachhaltigkeit; FB = Flächenbarometer

### 3 Zur Weiterentwicklung von Freiraumindikatoren

Die bestehenden Indikatorensets bieten bereits vielfältige Informationen zur Entwicklung der Flächennutzung in Landschaften bzw. Freiräumen. Zu fragen ist jedoch, ob diese bereits die wesentlichen Veränderungen und Gefährdungsursachen abbilden, denen Landschaften bzw. die Freiräume derzeit ausgesetzt sind. Solche Gefährdungsursachen für Landschaften bzw. Freiräume sind (Bundesamt für Naturschutz<sup>7</sup>):

- *flächenhaft wirkende Landschaftsveränderungen*, wie z. B. Inanspruchnahme durch Siedlungen und Tagebau oder intensive Bewirtschaftungsformen der Landwirtschaft, großflächiger Grünlandumbruch,
- *Durchdringung von Landschaften mit punkt- oder linienförmigen landschaftsfremden Elementen*, wie z. B. Kiesgruben oder Zerschneidung und Isolierung durch Verkehrswege,
- *Verlust von charakteristischen, wertgebenden Elementen*, wie z. B. Hecken oder Kleingewässer.

Ausgehend von der Auflistung der bestehenden Indikatoren ist festzustellen (Tab. 1), dass zu flächenhaften Landschaftsveränderungen, insbesondere zu Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr, Indikatoren existieren. Kleinräumige, strukturelle Veränderung von Landschaften, beispielsweise die Durchdringung mit landschaftsfremden Elementen oder der Verlust von kleinräumigen Elementen, wie Hecken und Kleingewässer, sind dagegen nicht Gegenstand von aktuellen Indikatoren. Weiterhin werden Veränderungen in wesentlichen naturnahen Flächennutzungskategorien (Wald, Grünland, Streuobst,...) derzeit nicht räumlich abgebildet.

Veränderungen in der Qualität der Flächennutzung werden ebenfalls nicht erfasst. So wäre beispielsweise von Interesse, ob sich Flächennutzungsanteile zwischen naturnäheren und naturferneren Nutzungen verschieben, zu welchen Teilen die Inanspruchnahme für Siedlung und Verkehr in geschützten Landschaftsbestandteilen oder auf welchen Böden diese stattfindet sowie welche Anteile der Landschaft überhaupt geschützt sind.

Im Folgenden sollen daher Bereiche diskutiert werden, in denen weitere Indikatoren zur Abbildung dieser Prozesse denkbar und wünschenswert wären.

---

<sup>7</sup> [www.bfn.de/0311\\_schutzw\\_landsch.html](http://www.bfn.de/0311_schutzw_landsch.html)

### 3.1 Naturnähe

Tab: 2: Hemerobiestufen und Landnutzungstypen (Quelle: Leser, Klink 1988, 216-17)

Hemerobiestufe	Natürlichkeitsgrad	Nutzung und Vegetation
1 Ahemerob	natürlich	Felshänge, felsige Steinhänge; Felsspaltenvegetation im Hochgebirge, reale Vegetation entspricht der ursprünglichen Vegetation
2 oligohemerob	naturnah	<ul style="list-style-type: none"> <li>– naturnahe Wälder mit bodenständiger Bestockung und intakte Feldgehölze</li> <li>– Flach- und Hochmoore (intakt, teilentwässert)</li> <li>– Großseggenried</li> <li>– Verlandungszonen, naturnahe Uferbereiche</li> <li>– Dünen etc.</li> </ul> reale Vegetation entspricht noch weitgehend der ursprünglichen Vegetation
3 mesohemerob	halbnatürlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>– forstlich überwiegend genutzte Bestände mit hohem Anteil bodenständiger Holzarten</li> <li>– Brachflächen mit Gehölzaufwuchs (Pionierwaldstadien, Gehölzgruppen)</li> <li>– ehem. Steinbrüche, Abgrabungen</li> <li>– Heiden</li> <li>– Trocken- und Halbtrockenrasen</li> <li>– extensiv genutzte Wiesen und Weiden mit Gehölzgruppen</li> <li>– frische bis feuchte Hochstaudenfluren u. Saumgesellschaften etc.</li> </ul>
4 $\beta$ -euhemerob	bedingt naturfern	<ul style="list-style-type: none"> <li>– überwiegend gleichaltrig aufgebaute standortfremde Forstmonokulturen</li> <li>– intensiv genutzte Wiesen und Weiden</li> <li>– Streuobstlagen</li> <li>– vegetationslose Gewässer etc.</li> </ul>
5 $\alpha$ -euhemerob	naturfern	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ackerland</li> <li>– Gartenbau, Gemüseanbau, Intensivobstanbau</li> <li>– Weinbau</li> <li>– lockere ländliche Bebauung</li> <li>– Sportflächen, Sportrasen</li> <li>– intensiv genutzte Fischteiche etc.</li> </ul>
6 polyhemerob	naturfremd	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Siedlungstyp Stadtrandbebauung incl. Hausgärten und Grünlagen (Zeilenbauweise, offene Bebauung mit geringem Grünanteil)</li> <li>– Industrie- und Gewerbeflächen mit geringem Versiegelungsgrad, Bahnanlagen, Kläranlagen etc.</li> <li>– Campingplätze, Wochenendhäuser, Kleingärten</li> <li>– Mülldeponien, Halden</li> <li>– Bodenabbauflächen</li> </ul>
7 metahemerob	künstlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>– geschlossene innerstädtische Bebauung (hoher Versiegelungsgrad)</li> <li>– Industrie- und Gewerbeflächen mit hohem Versiegelungsgrad</li> </ul>

Die Intensität des menschlichen Einflusses auf die Landschaft und damit die Lebensräume ist ein wichtiges Merkmal. Das Konzept der Naturnähe bzw. der Hemerobie (Leser, Klink 1988, 216-17; Kaule 2002, 173-75) ermöglicht es, Flächennutzungen unterschiedlichen Graden der Naturnähe zuzuweisen (Tab. 2). Damit können Karten der Naturnähe erzeugt (Glaser 2007, 24) (siehe auch Abb. 1) oder mittlere Werte für administrative Einheiten abgeleitet werden.

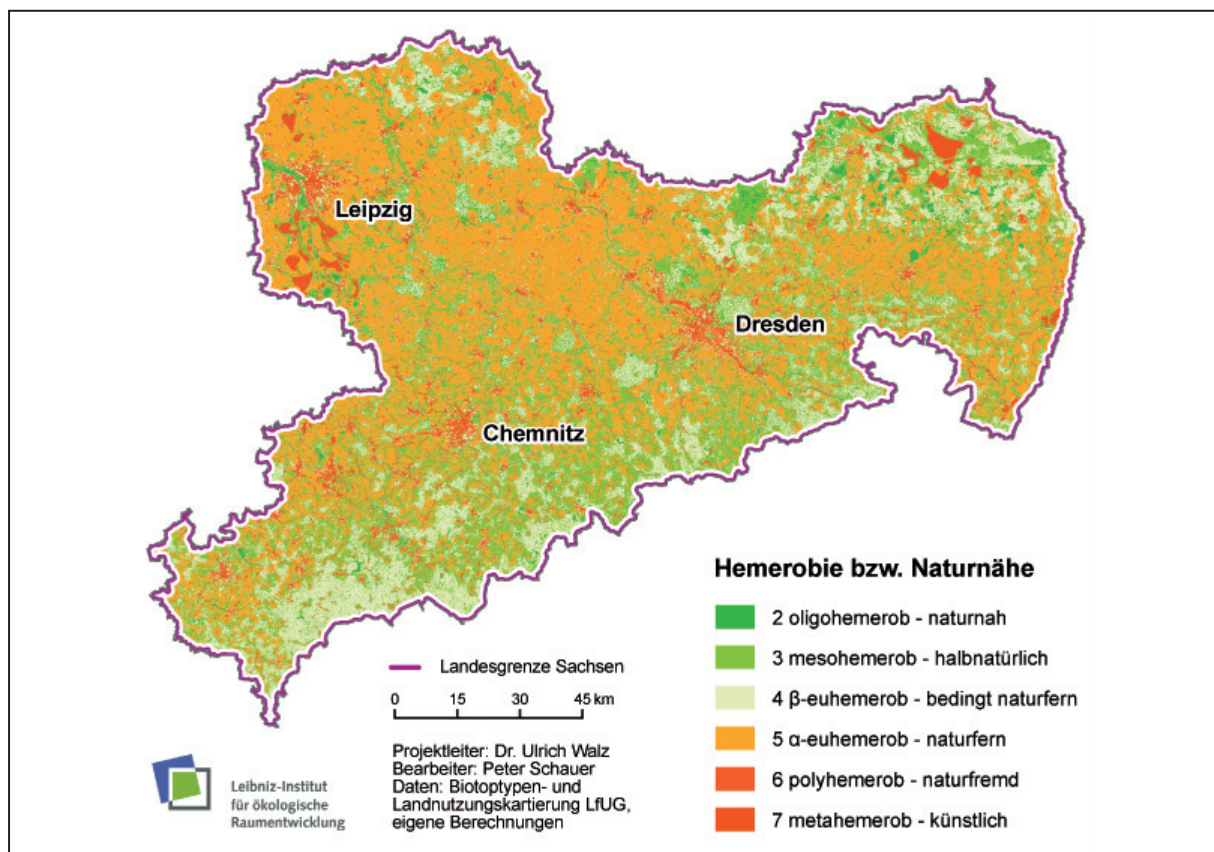


Abb. 1: Naturnähe bzw. Hemerobie der vorherrschenden Flächennutzung in Sachsen  
(Datenquelle: LfUG Sachsen, Bearbeitung/Karte: U. Walz und P. Schauer, IÖR 2006/2009)

### 3.2 Schutzgebiete

Der Anteil von Schutzgebieten an administrativen Einheiten kann ein wichtiger Indikator für den Wert einer Landschaft als Lebensraum für Tiere und Pflanzen bzw. als Erholungsgebiet für die Menschen sein.

In Deutschland rechtlich ausweisbare Schutzgebietskategorien unterscheiden sich in ihrem Schutzzweck, der Strenge des Schutzes und der rechtlichen Verankerung. Dabei können teilweise räumliche Überlagerungen der einzelnen Kategorien auftreten. Beispielsweise können Naturschutzgebiete gleichzeitig als Schutzgebiet nach der Flora-Fauna-Habitatrichtlinie (FFH) oder als Europäisches Vogelschutzgebiet (SPA) ausgewiesen sein.

Die Schutzzwecke unterscheiden sich einerseits in Kategorien, die primär auf den Erhalt von Landschaften in ihrem Charakter zielen, um historische und Kulturlandschaften zu schützen oder eine Landschaft als Erholungsgebiet für die Bevölkerung zu sichern. Dazu gehören Landschaftsschutzgebiete und Naturparke. Andere Kategorien zielen auf den Erhalt bestimmter Lebensräume für den Artenschutz. Dazu zählen Naturschutzgebiete, Nationalparke und FFH-Schutzgebiete.

Für eine sinnvolle räumlich-statistische Analyse ist eine Verschneidung der einzelnen Schutzgebiete notwendig, um räumliche Überlagerungsflächen zu eliminieren. Hier besteht in existierenden Indikatorensystemen ein Defizit.

Bisher existiert ein Indikator zu streng geschützten Gebieten, der jedoch nur Naturschutzgebiete und Nationalparke umfasst (BfN – Bundesamt für Naturschutz 2009).

Es wird vorgeschlagen, zwei neue Indikatoren zum Themenbereich Landschafts- und Naturschutz zu bilden. Ein erster Indikator soll die Gebiete zum „Natur- und Artenschutz“ umfassen. Dieser wird gebildet aus der räumlichen Überlagerung (Vereinigungsmenge) der Kategorien Nationalpark, Naturschutzgebiet, FFH- sowie SPA-Gebiet. Der zweite Indikator umfasst die Gebiete zum „Landschaftsschutz“, die aus der Überlagerung (Vereinigungsmenge) der Kategorien Naturpark, Landschaftsschutzgebiet und Biosphärenreservat bestehen (abzüglich der darin befindlichen Gebiete zum Natur- und Artenschutz, um Flächendoppelungen zu verhindern). Sinnvollerweise sollten diese beiden Indikatoren als Flächenanteile an der jeweiligen administrativen Gebietsfläche berechnet und kartographisch dargestellt werden (Abb. 2 und Abb. 3).

Auf dieser Basis sind weitere Auswertungen bzw. Indikatoren denkbar, beispielsweise zur Größe und zum Zusammenhang der Schutzgebiete (Isolationsgrad), zum Anteil bzw. Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in schutzwürdigen Landschaften. Weiterhin könnten die Schutzgebiete nach den vorherrschenden Nutzungen klassifiziert werden.



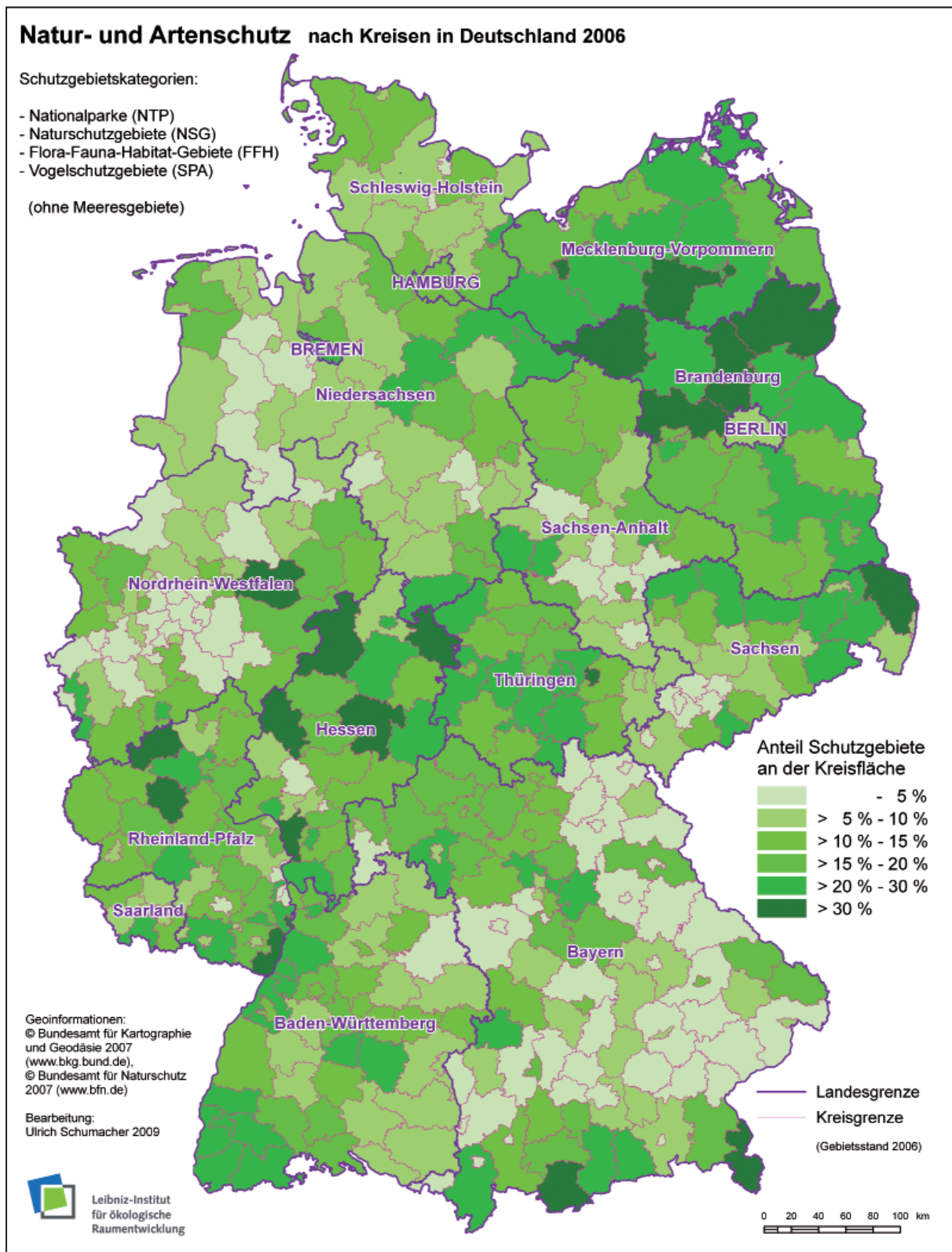


Abb. 2: Natur- und Artenschutz in Deutschland  
(Datenquellen: BfN und BKG, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher, IÖR 2009)

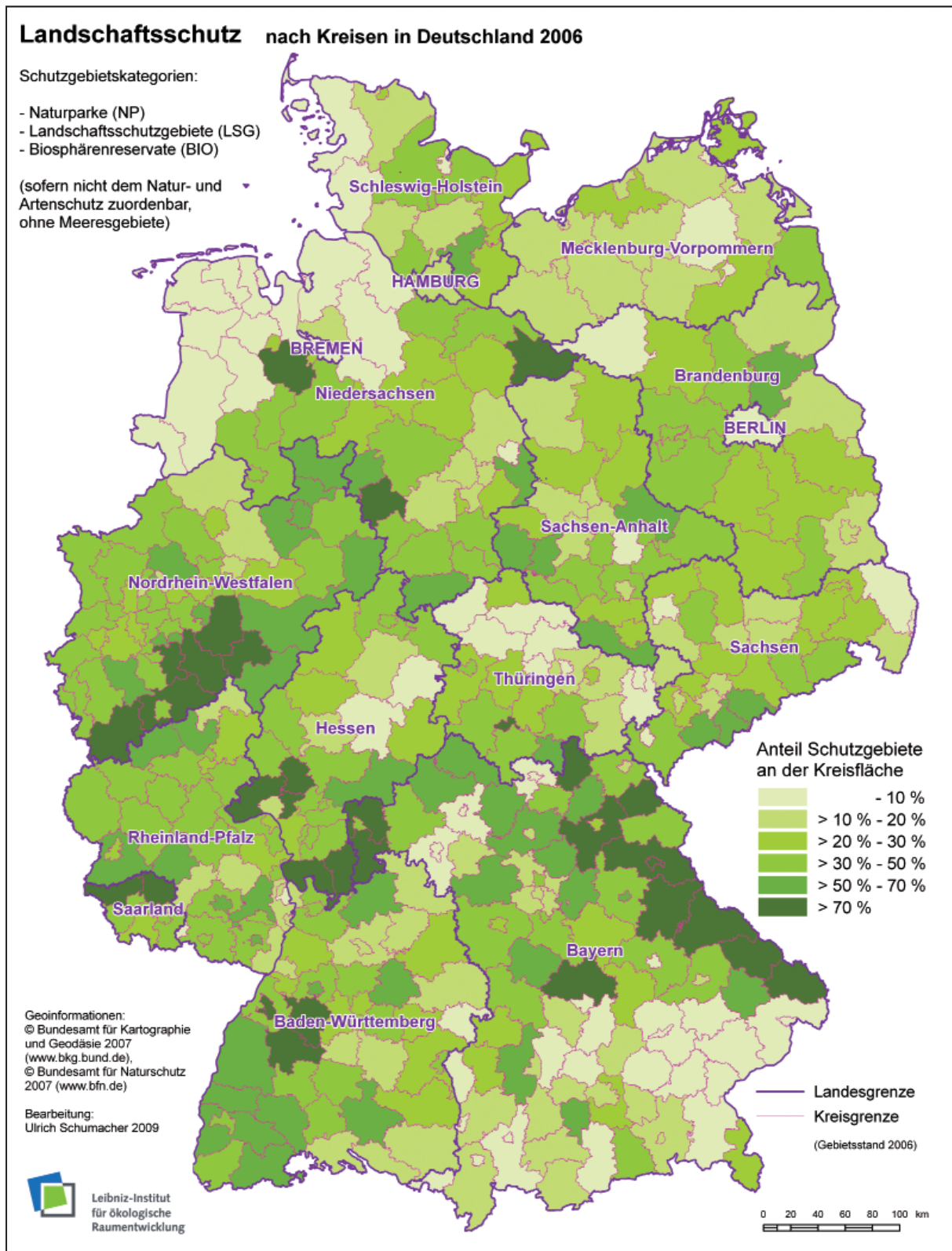


Abb. 3: Landschaftsschutz in Deutschland  
 (Datenquellen: BfN und BKG, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher, IÖR 2009)

### 3.3 Schutzwürdige Landschaften

Tab. 3: Landschaftstypen (Quelle: BfN – Bundesamt für Naturschutz 2007)

<b>I. Küstenlandschaften</b>	
1.1 Wattenmeerlandschaft der Nordsee	1.3 Felsküstenlandschaft der Nordsee
1.2 Ausgleichsküstenlandschaft der Ostsee	
<b>II. Waldlandschaften und waldreiche Landschaften</b>	
2.1 Reine Waldlandschaft	2.6 Grünlandreiche Waldlandschaft
2.2 Gewässerreiche Waldlandschaft	2.7 Struktureiche Waldlandschaft
2.4 Heide- bzw. magerrasenreiche Waldlandschaft	2.8 Andere waldreiche Landschaft
<b>III. Struktureiche Kulturlandschaften</b>	
3.1 Gehölz- bzw. waldreiche Kulturlandschaft	3.6 Gehölz- bzw. waldreiche grünlandgeprägte Kulturlandschaft
3.2 Gewässerlandschaft (gewässerreiche Kulturlandschaft)	3.7 Gehölz- bzw. waldreiche ackergeprägte Kulturlandschaft
3.3 Moorlandschaft (moorreiche Kulturlandschaft)	3.10 Felslandschaft (felsenreiche Kulturlandschaft der Alpen)
3.4 Heide- bzw. magerrasenreiche Kulturlandschaft	3.11 Struktureiche Kulturlandschaft
3.5 Weinbaulandschaft (Kulturlandschaft mit Weinanbau)	3.12 Obstbaulandschaft (Kulturlandschaft mit Obstanbau)
<b>IV. Offene Kulturlandschaften</b>	
4.1 Grünlandgeprägte offene Kulturlandschaft	4.3 Andere offene Kulturlandschaft
4.2 Ackergeprägte offene Kulturlandschaft	
<b>V. Bergbaulandschaft</b>	<b>VI. Verdichtungsraum</b>

Das Bundesamt für Naturschutz hat eine Karte schutzwürdiger Landschaften in Deutschland erarbeiten lassen (Gharadjedaghi et al. 2004). Auf der Basis von Flächennutzungsdaten aus Satellitenbildauswertungen (CORINE Land Cover) und naturräumlichen Abgrenzungen wurden Landschaftstypen mit charakteristischen Flächenanteilen landschaftsprägenden Elementen definiert (Tab. 3).

Um die naturschutzfachlich bedeutenden Landschaften zu ermitteln, wurde ein zweistufiges Bewertungsverfahren angewandt. Dabei wurde zunächst jeder Landschaft, je nach ihrer Zugehörigkeit zu einem Landschaftstyp, ein „Typwert“ zugeordnet. Dieser Grundwert einer jeden Einzellandschaft wird dann, aufgrund der individuellen Ausprägung der Einzellandschaften, im Rahmen eines zweiten Bewertungsschrittes, der „Objektbewertung“, weiter präzisiert. In diese fließt die Unzerschnittenheit der Landschaft, die Bedeutung für den Biotop- und Arten-

schutz auf der Basis des Schutzgebietsanteils (Nationalparke, Naturschutzgebiete, Natura 2000-Gebiete, Kernflächen der Biosphärenreservate) sowie der Anteil historisch alter Waldstandorte ein. Typ- und Objektwert werden dann zu einer Gesamtbewertung in fünf Wertstufen zusammengeführt (Tab. 4).

Tab. 4: Wertstufen der Landschaftsbewertung (Quelle: BfN – Bundesamt für Naturschutz 2007)

Wertstufe	Beschreibung
Besonders schutzwürdige Landschaften	Hierbei handelt es sich in erster Linie um Landschaften, die sich neben dem Vorkommen besonderer Biotoptypen bereits heute durch einen hohen Schutzgebietsanteil, das Vorkommen gefährdeter Tier- und Pflanzenarten sowie einen über dem Durchschnitt liegenden Anteil unzerschnittener verkehrsarmer Räume auszeichnen.
Schutzwürdige Landschaften	Im Gegensatz zu den Landschaften der höchsten Bewertungsstufe weisen diese Landschaften einen geringeren Schutzgebietsanteil auf oder sind bei ähnlichem Schutzgebietsanteil stärker durch Verkehrswege zerschnitten.
Schutzwürdige Landschaften mit Defiziten	Hierbei handelt es sich um Landschaften, die hinsichtlich des Schutzgebietsanteils nur im Bundesdurchschnitt liegen und einen unterschiedlichen Anteil an unzerschnittenen Räumen aufweisen.
Landschaften mit geringerer naturschutzfachlicher Bedeutung	Landschaften mit einem unterdurchschnittlichen Schutzgebietsanteil sowie einem unterdurchschnittlichen Anteil unzerschnittener Räume werden in dieser Kategorie eingeordnet.
Städtische Verdichtungsräume	Städtische Verdichtungsräume (in Anlehnung an die Abgrenzung der Verdichtungsräume des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung)

Die ermittelten schutzwürdigen Landschaften könnten die Grundlage sein, um Flächenveränderungen, Abnahme der naturnahen Nutzungen bzw. die Zunahme stark technogen geprägter Nutzungsarten und die Zerschneidung solcher Räume zu untersuchen.

### 3.4 Unzerschnittene Freiräume

Jaeger et al. (2005, 98) definieren die Landschaftszerschneidung als „... ein Zertrennen von gewachsenen ökologischen Zusammenhängen zwischen räumlich verbundenen Landschaftsbereichen“. Als zerschneidende Elemente gelten „... vom Menschen geschaffene, vorwiegend linienhafte [Landschafts-]Strukturen [Stoff- und Energieströme] (vor allem Straßen, Bahnlinien und Leitungstrassen), mit denen Barriere-, Emissions- oder Kollisionswirkungen sowie ästhetische Beeinträchtigungen verbunden sind“ (Jaeger et al. 2005, 98; Grau 1998). Zusätzlich stellen flächige Elemente, wie z. B. Siedlungen, Hindernisse für die Fortbewegung von Organismen dar und können somit zur Trennung von Habitatflächen führen (Waterstraat et al. 1996).

Landschaftszerschneidung ist das Ergebnis von einzelnen Maßnahmen des Infrastrukturausbaus und der Siedlungserweiterung, die in der Summe in Form eines „Netzes“ zusammenwirken. Es handelt sich also um einen kumulativen, aus vielen Einzelentscheidungen resultierenden Prozess der es schwierig macht, den Beitrag einzelner Eingriffe – und damit ihre Erheblichkeit – zu bestimmen. Dies führt zu der Illusion der Folgenlosigkeit marginaler Eingriffe (Jaeger 2002, 31). Umso mehr erscheint es wichtig, den Zustand und die Auswirkungen in der Summe über lange Zeiträume zu beobachten und darzustellen.

Die Räume zwischen den zerschneidenden linienhaften Elementen und außerhalb der im Zusammenhang bebauten Siedlungsflächen werden als Unzerschnittene Freiräume (UZF) bezeichnet.

Zu diesem Themenbereich ist bereits eine Reihe von Indikatoren vorhanden. So werden Anzahl und Größe Unzerschnittener (verkehrsarmer) Räume sowie die Effektive Maschenweite im LIKI-Indikatorenset regelmäßig erhoben. Vom Bundesamt für Naturschutz ist darüber hinaus das Konzept der „Unzerschnittenen Funktionsräume (UFR)“ entwickelt worden. Dabei werden „Teilräume von Lebensraumnetzwerken („ökologischen Netzwerken“), die durch Verkehrsinfrastruktur mit erheblicher Barrierewirkung begrenzt, aber selbst nicht durchschnitten sind“, als Unzerschnittene Funktionsräume (UFR) (Reck et al. 2008) bezeichnet.

Das im Aufbau befindliche Indikatorensystem des IÖR soll diese vorhandenen Indikatoren nicht wiederholen, sondern ergänzen. Bedarf wird bei Indikatoren zur Qualität der Flächennutzung und der inneren Strukturierung Unzerschnittener Freiräume gesehen. Gegenwärtige Forschungsarbeiten zur Landschaftszerschneidung setzen daran an, diese Räume in ihrer Ausprägung zu differenzieren und die Auswirkungen der Landschaftszerschneidung auf einzelne Landschaftsfunktionen zu untersuchen. Neben der Naturnähe der Flächennutzung sollte die Wertigkeit der Räume für den Arten- und Biotopschutz sowie die Erholungseignung zur qualitativen Bewertung der UZF herangezogen werden. Dazu gehören auch Aussagen zur Durchlässigkeit des Straßennetzes bzw. zum Zusammenhang der UZF. So wurde ein Bewertungsmodell zur anthropogenen Störwirkung entwickelt (Abb. 4) (Schauer 2006). In das Bewertungsverfahren gingen folgende Parameter ein: die Größe bzw. der Inkreisradius der Unzerschnittenen Freiräume, die Hemerobie der Flächennutzung und die Barrierdichte des Verkehrsnetzes. Weiterhin wurde ein Indikator zur Durchlässigkeit des Straßennetzes entwickelt (Härtelt 2009). Dabei wird untersucht, ob Talbrücken, Straßendurchlässe oder Grünbrücken das Verkehrsnetz lokal überwindbar machen.

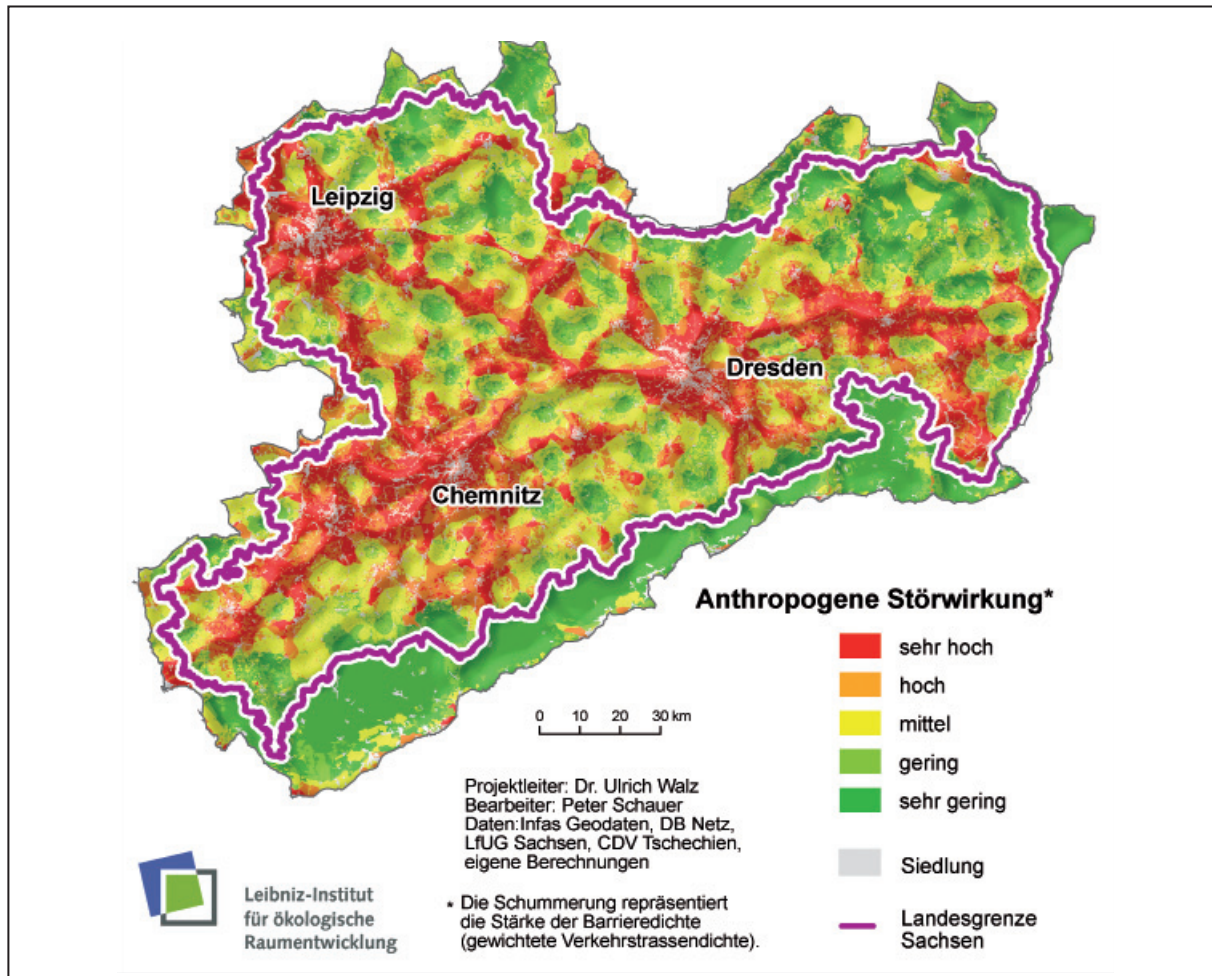


Abb. 4: Räumlich-differenzierte Störwirkung von Landschaftszerschneidung in Sachsen (grenzüberschreitende Untersuchung) Szenario 2020  
 (Datenquellen: Infas Geodaten, DB Netz, LfUG Sachsen und CDV Tschechien, Bearbeitung: P. Schauer, IÖR 2006)

### 3.5 Biotopstruktur der Freiräume

Verluste in der Vielfalt von Landschaften sind ein gravierendes Problem der Landschaftsentwicklung. Die Messung der landschaftlichen Strukturvielfalt scheint als ein qualitativer Parameter geeignet, der auch für andere landschaftsökologische Bereiche Indikatorfunktion besitzen kann (Dosch, Beckmann 1999, 389).

Ausgangspunkt der Überlegungen ist ein differenziertes Landnutzungskonzept als Zielvorstellung, wie es von Haber entwickelt wurde (Haber 1998, 60). Konform damit geht auch das von Plachter geforderte „gestufte Zielsystem des Naturschutzes für 100 % der Fläche“ (Plachter 1991, 13-15). Diese Konzepte empfehlen eine abgestufte Nutzungsintensität in räumlich differenzierten Bereichen der Landschaft. Das Konzept der differenzierten Landnutzung ist dabei grundsätzlich auf alle Nutzungstypen anwendbar, einschließlich der Siedlung bzw.

der dörflich-städtischen Landnutzung (Haber 1998, 59). Ausgangspunkt sind die drei unter dem langen menschlichen Einfluss entstandenen Haupt-Ökosysteme als Grundbausteine der mitteleuropäischen Kulturlandschaft, nämlich die naturnahen, nur extensiv (oberflächlich) oder nicht genutzten Ökosysteme, die intensiv genutzten Agro-Ökosysteme und die urban-industriellen Ökosysteme (Haber 1979, 19). Innerhalb einer Raumeinheit sollte eine umweltbelastende, intensive Landnutzung nicht 100 % der Fläche beanspruchen. Im Durchschnitt müssen mindestens 10 %-15 % der Fläche für entlastende oder puffernde Nutzungen verfügbar bleiben bzw. reserviert werden. Die jeweils vorherrschende Landnutzung muss in sich diversifiziert werden, um große uniforme Flächen, z. B. „Agrarsteppen“, monotone Industriegebiete, Baugebiete aus gleichförmigen Gebäudestrukturen in Mindestabständen, oder ausgedehnte forstliche Reinbestände zu vermeiden. In der Agrarlandschaft ist die Schlaggröße dafür ein entscheidender Parameter. Weiterhin sollen in einer Raumeinheit, die intensiver Nutzung unterliegt, im Durchschnitt mindestens 10 % der Fläche, möglichst in netzartiger Verteilung, für „naturbetonte“ Bereiche reserviert werden oder bleiben. Damit soll einerseits das Erscheinungsbild der Landschaft abwechslungsreich und aufgelockert gestaltet werden. Andererseits wird dadurch ein wichtiger Beitrag zum Biotop- und Artenschutz geleistet, auf den alle diejenigen Arten angewiesen sind, die in den Nutzflächen selbst nicht dauerhaft existieren können (Haber 1998, 60).

Auch Plachter (1991, 13-15) ist der Meinung, dass sich Naturschutz nicht auf einzelne Ökosysteme beschränken darf. Erforderlich sind seiner Meinung nach Zielvorstellungen für die Landschaft als Ganzes, die die Entwicklung einer durchgängig naturkonformen Nutzung einschließen. Er geht von folgenden Kategorien aus:

- „1. Einrichtung strenger Naturschutzgebiete, aus denen alle Formen menschlicher Nutzung ausgeschlossen sind, auf einem geringen Teil der Landesfläche. Primäre Ökosysteme sollten ohne jegliche menschliche Eingriffe der Sukzession überlassen, vom Menschen überprägte durch (zurückhaltende!) Pflege gezielt erhalten werden.
2. Einrichtung von Schutzgebieten, in denen zwar Nutzungen zugelassen sind, aber nur insoweit sie den vorrangigen Zielen des Naturschutzes nicht zuwiderlaufen. Zum Flächenanspruch für diesen Bereich werden verschiedene Zahlen genannt. Für Mitteleuropa werden für 1. und 2. zusammen meist 10 %-15 % der Landesfläche angegeben.

3. Für einen relativ großen Flächenanteil (30 %-40 %) kann eine regelmäßige, jedoch relativ extensive Landnutzung zugelassen werden. Die Ziele des Naturschutzes genießen hier keinen Vorrang mehr vor anderen, z. B. ökonomischen Zielen. Durch bestimmte Einschränkungen oder Auflagen müssen jedoch umweltverträgliche Nutzungsformen und eine möglichst hohe Artenvielfalt gewährleistet werden.
4. Ein erheblicher Teil der Fläche bleibt weiterhin intensiven Landnutzungsformen offen, wobei allerdings auch hier durch begleitende Naturschutzmaßnahmen ein Mindestmaß an Lebensraumvielfalt zu erhalten bzw. wiederherzustellen ist. Die jeweilige Nutzung ist für die einzelnen Gebiete auf ihre Umweltverträglichkeit zu prüfen. Nachhaltige Belastungen benachbarter Ökosysteme und abiotischer Ressourcen sind auch hier auszuschließen.“ (Plachter 1991, 13–15).

Im Bundesnaturschutzgesetz findet sich dieser Gedankengang in den §3 und §5 wieder. Im §3 geht es um den großräumigen Biotopverbund: „Die Länder schaffen ein Netz verbundener Biotope (Biotopverbund), das mindestens 10 Prozent der Landesfläche umfassen soll. [...]. Der Biotopverbund dient der nachhaltigen Sicherung von heimischen Tier- und Pflanzenarten und deren Populationen einschließlich ihrer Lebensräume und Lebensgemeinschaften sowie der Bewahrung, Wiederherstellung und Entwicklung funktionsfähiger ökologischer Wechselbeziehungen.“ (BNatschG 2002). Darüber hinaus wird in §5 die Festlegung einer regionalen Mindestdichte von Biotopen gefordert: „Die Länder setzen eine regionale Mindestdichte von zur Vernetzung von Biotopen erforderlichen linearen und punktförmigen Elementen (Saumstrukturen, insbesondere Hecken und Feldraine sowie Trittsteinbiotope) fest und ergreifen geeignete Maßnahmen (planungsrechtliche Vorgaben, langfristige Vereinbarungen, Förderprogramme oder andere Maßnahmen), falls diese Mindestdichte unterschritten ist und solche Elemente neu einzurichten sind.“ (BNatschG 2002).

Während derzeit Konzepte für den großräumigen Biotopverbund entwickelt werden und dazu auch Indikatoren zur Verfügung stehen, gibt es kaum Aussagen zur Strukturierung der Landschaft mit Kleinstrukturen innerhalb der intensiv genutzten Bereiche. Ein Beispiel zur Festlegung der geforderten regionalen Mindestdichten ist in Landschaftsrahmenplänen in Mecklenburg-Vorpommern zu finden (Müller et al. 2008; Landesamt für Umwelt 2007). Dabei wurde ein Verfahren zur Ermittlung der aktuellen Strukturdichten der Gemeinden erarbeitet. Bereits früher wurden im Rahmen des Monitoringkonzept der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) Indikatoren zur Landschaftsqualität entwickelt. „Das Konzept



umfasst die bundesweite Beobachtung von Natur und Landschaft im Bereich Arten, Biotope und Landschaften, wobei sowohl die bedrohten und seltenen Naturelemente als auch die Elemente der intensiv genutzten Durchschnittslandschaft Berücksichtigung finden.“ (Bürger, Dröschmeister 2001, 51). Auf der Ebene „Landschaftsqualität“ wurden insbesondere Indikatoren zur Strukturvielfalt der Landschaft, der Ausstattung mit linearen Elementen und kleinflächigen Lebensräumen vorgesehen (Back et al. 1996). Dieses Konzept wird derzeit nur in Nordrhein-Westfalen umgesetzt, während auf Landschaftsebene bundesweit keine Auswertung erfolgt.

Aktuell umgesetzt wird dagegen das „Verzeichnis Kleinstrukturen in der Agrarlandschaft“<sup>8</sup>, das vom Julius-Kühn-Institut geführt wird. Hintergrund ist die Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung, die besagt, dass Pflanzenschutzmittel möglichst wenig in den Naturhaushalt eingreifen sollen, um die Schädigung von Nichtzielorganismen zu vermeiden. Da die Wiedererholung von Populationen betroffener Nichtzielorganismen vor allem von Strukturen am Feldrand abhängt, von denen die Tiere wieder einwandern, wird in Anwendungsbestimmungen festgelegt, ob eine bestimmte abtriftmindernde Technik anzuwenden oder ein Mindestabstand zu angrenzenden Flächen einzuhalten ist. In gut mit Saumstrukturen ausgestatteten Regionen gibt es Ausnahmeregelungen. Dadurch soll die Neuanlage und Vernetzung bestimmter Biotope und ökologischer Ausgleichsflächen gefördert werden. Dazu zählen naturbetonte Kleinstrukturen (Hecken, Streuobstwiesen, Kleingehölze, nicht genutztes Grünland, Gewässerstrandstreifen etc.). Die Ermittlung von linien- und flächenförmigen Kleinstrukturen erfolgt auf der Basis von ATKIS (Enzian, Gutsche 2005).

Ein Indikator zu linienartigen und punktuellen Strukturen wäre für Aussagen zum Zustand der Offenlandschaften, zwischen den Flächen für den großräumigen Biotopverbund und den Schutzgebieten, von erheblichem Wert. Zu diesem Bereich gibt es außer dem vom Julius-Kühn-Institut herausgegebenen Verzeichnis, keine flächendeckenden Angaben in Deutschland. Die Methodik des Julius-Kühn-Institutes ist jedoch stark an den Zweck der Pflanzenschutzmittel-Anwendungsverordnung ausgerichtet, so dass eine Weiterentwicklung des Indikators Sinn machen würde.

---

<sup>8</sup> [http://www.jki.bund.de/cIn\\_044/nn\\_804620/DE/Home/pflanzen\\_\\_schuetzen/integriert/kleinstruktur/kleinstruktur\\_\\_node.html](http://www.jki.bund.de/cIn_044/nn_804620/DE/Home/pflanzen__schuetzen/integriert/kleinstruktur/kleinstruktur__node.html)

### 3.6 Boden

Siedentop und Heiland (2007) schlagen vor, die Flächeninanspruchnahme auf Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit regelmäßig zu erheben. Als Indikator formulieren sie „Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche auf Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit (Bodenzahl > 60) in %“. Bisher wird dieser Indikator nicht erhoben. Ein Grund dafür ist die fehlende bzw. ausreichend genaue Datengrundlage zu Böden und deren natürlicher Ertragsfähigkeit. Perspektivisch sollte dieser Indikator jedoch mit in das Indikatoren-Programm des IÖR-Monitors aufgenommen werden, da er wichtige qualitative Aussagen zu den Folgen der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr liefern kann.

### 3.7 Überschwemmungsbereiche

Ein wesentlicher Indikator zur Vulnerabilität gegenüber Hochwasserrisiken ist eine Information über Flächeninanspruchnahmen für Siedlung und Verkehr in festgesetzten Überschwemmungsbereichen. Bundesweit müssen die Kommunen Überschwemmungsgebiete für ein 100-jähriges Hochwasser (HQ 100) ausweisen. Über die räumliche Verschneidung könnten absolute bzw. auf administrative Einheiten bezogene Angaben zu einer solchen Flächeninanspruchnahme berechnet werden.

### 3.8 Erholungsgebiete

Freiräume sind wichtige Voraussetzung für eine naturgebundene Erholung der Menschen. Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG § 1 (11)) sagt: „Unbebaute Bereiche sind wegen ihrer Bedeutung für den Naturhaushalt und für die Erholung insgesamt und auch im Einzelnen in der dafür erforderlichen Größe und Beschaffenheit zu erhalten“. Ein Indikator zum Zustand der Räume in ihrer Eigenschaft als Erholungsgebiet ist daher notwendig, allerdings sind derzeit keine detaillierten Daten auf Bundesebene zu Erholungsgebieten verfügbar.

Schaut man sich Verfahren zur Bewertung der Landschaft für Erholungszwecke an, so gehört Vielfalt zu den in der Landschaftsplanung am häufigsten verwendeten ästhetischen Qualitäten (Dosch, Beckmann 1999, 389). Dem liegt die These zugrunde, dass eine Landschaft umso erlebniswirksamer ist, je vielfältiger sie ist (Kiemstedt 1967). Unter Vielfalt wird hier der Abwechslungsreichtum von auftretenden Nutzungsformen (Wald, Grünland, Ackerland, Siedlung, ...) sowie linearen und punktuellen Strukturelementen (wie beispielsweise Hecken, Wald- oder Gewässerrändern) verstanden. Auf regionaler Ebene kann daher

die Häufigkeit des Wechsels einzelner Nutzungsformen und Strukturelemente herangezogen werden. Auch die Mannigfaltigkeit an Ökosystemen oder der Natürlichkeitsgrad (Hemerobiestufen) ist für die landschaftliche Betrachtungsebene relevant. Eine ganze Reihe von Verfahren sind, basierend auf diesem Gedanken, in der Zwischenzeit entwickelt worden (Augenstein 2002; Walz, Berger 2004). Es erscheint jedoch kaum möglich, ein solches Modell wiederkehrend auf das Gebiet der gesamten Bundesrepublik anzuwenden. Gründe sind, neben dem extremen Rechenaufwand vor allem inhaltlicher Art, da das Bewertungsmodell an die regionaltypischen Gegebenheiten der unterschiedlichen Landschaften in Deutschland angepasst werden müsste. Alternativ wird vorgeschlagen, wesentliche Erholungsgebiete (Urlaubs- und Naherholungsgebiete) aus entsprechenden Darstellungen der Landesentwicklungspläne und anderen Quellen zu entnehmen und deutschlandweit zusammenzuführen. Für die entsprechenden ausgewiesenen Erholungsgebiete könnten zukünftig die Entwicklung der Anteile für die naturnahe Erholung störender Flächennutzungen (stark technogen überprägter Nutzungen) bzw. die Anteile erholungsrelevanter Nutzungstypen regelmäßig ermittelt werden.

#### **4 Mögliche Indikatoren des Monitors zur Siedlungs- und Freiraumentwicklung**

In der Zusammenschau der in Kapitel 3 dargestellten Bereiche ergibt sich die folgende Liste möglicher Indikatoren:

##### **Landschaft**

- *Naturnähe der Flächennutzung*

Bewertung der Flächennutzung nach Naturnähe, bezogen auf administrative Einheiten (Gemeinde, Kreis).

- *Landschaftsfremde Elemente in schutzwürdigen Landschaften*

Anteil bzw. Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche und anderer stark technogen geprägter landschaftsfremder Elemente in schutzwürdigen Landschaften, bezogen auf administrative Einheiten.

- *Störungsintensität der Flächennutzung*

Zusammengesetzter Indikator zur anthropogenen Störwirkung der Flächennutzung und der Landschaftszerschneidung auf die Gesamtlandschaft. Dabei gehen die Naturnähe, die Größe und Form der unzerschnittenen Freiräume, die Barrieredichte des Verkehrsnetzes incl. der Wirkungsbereiche in angrenzende Flächen ein.

## Schutzgebiete

- *Schutzgebiete für den Natur- und Artenschutz*

Anteile der Vereinigungsmenge der Kategorien Nationalpark, Naturschutzgebiet, FFH- sowie SPA-Gebiet, bezogen auf administrative Einheiten.

- *Schutzgebiete für den Landschaftsschutz*

Anteile der Vereinigungsmenge der Kategorien Naturpark, Landschaftsschutzgebiet und Biosphärenreservat (abzüglich der darin befindlichen Gebiete zum Natur- und Artenschutz, um Flächendoppelungen zu verhindern), bezogen auf administrative Einheiten.

- *Flächeninanspruchnahme in Schutzgebieten*

Anteil bzw. Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche und anderen stark technogen geprägten landschaftsfremden Elementen in Schutzgebieten.

## Unzerschnittene Freiräume

- *Durchlässigkeit des Verkehrsnetzes*

Anzahl bzw. Anordnung von vernetzungsrelevanten Durchlässen, Talbrücken, Grünbrücken und Tunneln des überörtlichen Verkehrsnetzes.

- *Naturnähe der Unzerschnittenen Freiräume*

Bewertung der Flächennutzung innerhalb der Unzerschnittenen Freiräume nach Naturnähe, bezogen auf administrative Einheiten (mindestens Kreisebene).

## Biotopstruktur

- *Dichte Landschaftselemente im Offenland*

Dichte von kleinräumigen Landschaftselementen in der Offenlandschaft (Hecken, Gehölze, usw.).

## Boden

- *Flächeninanspruchnahme auf Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit*

Anteil bzw. Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche und anderen stark technogen geprägten landschaftsfremden Elementen (Versiegelung) auf Böden mit hoher Ertragsfähigkeit (Bodenzahl > 60) in %.

## Überschwemmungsbereiche

- *Veränderungen der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Überschwemmungsgebieten*

Anteil bzw. Zunahme von Wohn- und Gewerbefläche und anderen verletz-  
baren Flächennutzungen in Überschwemmungsbereichen (HQ100), Bewer-  
tung nach dem Grad der Vulnerabilität.

## Erholung

- *Anteil erholungsrelevanter Nutzungstypen in ausgewiesenen Erholungsgebieten*

Anteil bzw. Veränderung von Flächennutzungen, die für eine naturbezogene  
Erholung in Erholungsgebieten relevant ist (z. B. Wälder, Grünland, Gewäs-  
ser). Bewertung nach dem Naturnähekonzept.

- *Anteil die naturnahe Erholung störender Flächennutzungen in ausgewie-  
senen Erholungsgebieten*

Anteil bzw. Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche und anderen stark  
technogen geprägten landschaftsfremden Elementen in ausgewiesenen Er-  
holungsgebieten.

## 5 Offene Fragen

Die vorgeschlagenen Indikatoren werfen eine Reihe von Fragen auf, von denen zurzeit nicht alle beantwortet werden können. Zunächst ist die Frage der möglichen Datengrundlagen zu klären. Mit dem Amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystem ATKIS (Basis-Landschaftsmodell) stehen sehr gute Flächennutzungsdaten zur Verfügung, wenn auch im Detail Fragen der Überlagerung von Objektarten, der Aktualität und der heterogenen Erfassungspraxis zu diskutieren sind (siehe auch Beitrag Schumacher in diesem Band). Größere Probleme bestehen dagegen bei Fachdaten, beispielsweise zum Boden, zu Erholungsgebieten oder Überschwemmungsbereichen. Hier gibt es entweder keine, lückenhafte oder sehr heterogene Daten, die an vielen Stellen „zusammengesucht“ werden müssten. Beim Boden existieren zwar bundesweite Übersichtsdaten, die jedoch im Maßstab viel gröber sind als das ATKIS Basis-DLM und daher mit diesen nicht verglichen bzw. für ein Monitoring genutzt werden können. Es wäre außerdem zu hinterfragen, ob teilweise auch die Fernerkundung als Datenquelle genutzt werden sollte. Bereiche, die sich durch ATKIS schwer oder nicht abdecken lassen, sind beispielsweise die

Strukturierung der Landschaft mit kleinräumigen Landschaftselementen bzw. die Schlaggröße oder Aussagen zum Grünvolumen in Städten.

Insofern versteht sich die in diesem Beitrag vorgeschlagene Liste eher als Analyse, welche Indikatoren wünschenswert oder sinnvoll wären. Doppelungen zu bestehenden Systemen sollen dabei vermieden werden, es geht um eine Ergänzung der vorhandenen Indikatorensysteme.

Vor diesem Hintergrund ist eine Auswahl der Indikatoren anhand der Kriterien Dringlichkeit, Datenverfügbarkeit sowie technische und inhaltliche Realisierbarkeit zu treffen. Da das im Aufbau befindliche Monitoringsystem des IÖR auf langfristig angelegt ist, besteht auch die Möglichkeit, bei verbesserter Datenlage einzelne Indikatoren zu einem späteren Zeitpunkt zu ergänzen.

## Literatur

- Augenstein, I. (2002): Die Ästhetik der Landschaft. Ein Bewertungsverfahren für die planerische Umweltvorsorge. In: Berliner Beiträge zur Ökologie, H. 3, 170 S.; Berlin (Weißensee Verl.).
- Back, H.-E.; Rohner, M.-S.; Seidling, W.; Willecke, S. (1996): Konzepte zur Erfassung und Bewertung von Landschaft und Natur im Rahmen der „Ökologischen Flächenstichprobe“. In: UGR-Materialien, H. 6, 285 S.; Wiesbaden.
- Baier, H. (2000): Die Bedeutung landschaftlicher Freiräume für Naturschutzfachplanungen. In: Ssymank, A. (Hrsg.): Vorrangflächen, Schutzgebietssysteme und naturschutzfachliche Bewertung grosser Räume in Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, H. 63, 101-116; Bonn-Bad Godesberg (Bundesamt für Naturschutz).
- Baier, H.; Erdmann, F.; Holz, R.; Waterstraat, A. (Hrsg.) (2006): Freiraum und Naturschutz. Die Wirkungen von Störungen und Zerschneidungen in der Landschaft. 692 S.; Berlin (Springer).
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2007): Schutzwürdige Landschaften. [http://www.bfn.de/0311\\_schutzw\\_landsch.html](http://www.bfn.de/0311_schutzw_landsch.html) (10.6.2009).
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (2009): Indikator: Streng geschützte Gebiete (Nationalparke und Naturschutzgebiete). <http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2862> (8.6.2009).

- BNatschG (2002): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. In: Bundesgesetzblatt I, 1193 S.
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2000): Stadtentwicklung und Städtebau in Deutschland. Ein Überblick. In: BBR-Berichte, H. 5, 82 S.; Bonn.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt: vom Bundeskabinett am 7. November 2007 beschlossen. In: Reihe Umweltpolitik, 178 S.; Berlin.
- Bundesregierung Deutschland (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. 328 S.; Berlin.
- Bürger, K.; Dröschmeister, R. (2001): Naturschutzorientierte Umweltbeobachtung in Deutschland: ein Überblick. In: Natur und Landschaft, H. 76 (2), 49-57.
- Dosch, F.; Beckmann, G. (1999): Strategien künftiger Landnutzung – ist Landschaft planbar? In: Informationen zur Raumentwicklung, H. 5/6, 381-398.
- Dröschmeister, R. (2001): Bundesweites Naturschutzmonitoring in der „Normallandschaft“ mit der Ökologischen Flächenstichprobe. In: Natur und Landschaft, H. 76 (2), 58-69.
- Enzian, S.; Gutsche, V. (2005): GIS – gestützte Berechnung der Ausstattung von Agrarräumen mit naturnahen terrestrischen Biotopen auf der Basis der Gemeinden: 2. Ausgabe des Verzeichnisses der regionalisierten Kleinstrukturanteile.  
[http://www.jki.bund.de/cln\\_044/nn\\_813604/SharedDocs/11\\_\\_FP/Publikationen/kleinstruktur/methode.html](http://www.jki.bund.de/cln_044/nn_813604/SharedDocs/11__FP/Publikationen/kleinstruktur/methode.html) (12.9.2008).
- Esch, T.; Klein, D.; Jahnz, B. (2009): Flächenbarometer: Planungsgrundlage und Monitoring-Instrument. Vortrag zum 3. REFINA-Statusseminar (23.03-24.03 2009); Berlin.  
<http://www.refina-info.de/termine/2009-03-23-esch.pdf> (8.6.2009).
- Gharadjedaghi, B.; Heimann, R.; Lenz, K.; Martin, C.; Pieper, V.; Schulz, A.; Vahabzade, A.; Finck, P.; Riecken, U. (2004): Verbreitung und Gefährdung schutzwürdiger Landschaften in Deutschland. In: Natur und Landschaft, H. 79 (2), 71-81.
- Glaser, R. (2007): Ordnung muss sein – naturräumliche und landschaftsökologische Gliederungen. In: Schenk, W. (Hrsg.): Geographie Deutschlands, 20-29; Darmstadt (Primus).

- Grau, S. (1998): Überblick über Arbeiten zur Landschaftszerschneidung sowie zu unzerschnittenen Räumen in der Bundes-, Landes- und Regionalplanung Deutschlands. In: *Natur und Landschaft*, H. 73 (10), 427-434.
- Haber, W. (1979): Raumordnungskonzepte aus der Sicht der Ökosystemforschung. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.): *Die ökologische Orientierung der Raumplanung*. Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Forschungs- und Sitzungsberichte, H. 131, 12-24; Hannover (Schroedel).
- Haber, W. (1998): Das Konzept der differenzierten Landnutzung. Grundlage für Naturschutz und nachhaltige Naturnutzung. In: BMU – Bundesministerium für Umwelt, N. und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Ziele des Naturschutzes und einer nachhaltigen Naturnutzung in Deutschland*. 57-64; Bonn.
- Härtelt, D. (2009): Entwicklung von GIS-Werkzeugen zur automatisierten Ableitung von Indikatoren zum Monitoring der Landschaftszerschneidung. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden. 100 S.
- Jaeger, J. A. G. (2002): *Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäß dem Konzept der Umweltgefährdung*. 447 S.; Stuttgart (Ulmer).
- Jaeger, J. A. G.; Grau, S.; Haber, W. (2005): Einführung: Landschaftszerschneidung und die Folgen. In: *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, H. 14, 98-100.
- Kaule, G. (2002): *Umweltplanung*. In: *UTB Landschaftsplanung, Ökologie*, H. 2282, 315 S.; Stuttgart (Ulmer).
- Kiemstedt, H. (1967): Zur Bewertung der Landschaft für die Erholung. In: *Beiträge zur Landespflege, Sonderheft 1*, 151 S.; Hannover.
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg Vorpommern (2007): *Gutachtlicher Landschaftsrahmenplan Mittleres Mecklenburg/Rostock*. Erste Fortschreibung April 2007. 380 S.
- Leser, H.; Klink, H.-J. (1988): *Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25.000 (KA GÖK 25)*. In: *Forschungen zur deutschen Landeskunde*, H. 228, 349 S.; Trier.
- LIKI – Länderinitiative für einen länderübergreifenden Kernindikatoreneinsatz (2006): *Kennblätter für die UMK-Indikatoren*.  
[http://www.tlug-jena.de/uw\\_raum/umk\\_ind/download/pdf/ind\\_gesamt.pdf](http://www.tlug-jena.de/uw_raum/umk_ind/download/pdf/ind_gesamt.pdf) (8.6.2009).



- Müller, D.; Göbel, N.; Karl, H.; Thamm, R. (2008): Ermittlung der regionalen Mindestdichten von zur Vernetzung erforderlichen linearen und punktförmigen Elementen nach § 5 (3) BNatschG. In: *Natur und Landschaft*, H. 83 (8), 356-364.
- Plachter, H. (1991): *Naturschutz*. Korrigierter Nachdr. der 1. Aufl. 463 S.; Stuttgart (Fischer).
- Reck, H.; Hänel, K.; Jeßberger, J.; Lorenzen, D. (2008): UZVR (Unzerschnittene verkehrsarme Räume), UFR (Unzerschnittene Funktionsräume) + Biologische Vielfalt. Landschafts- und Zerschneidungsanalysen als Grundlage für die räumliche Umweltplanung. In: *Naturschutz und biologische Vielfalt*, H. 62, 181 S.; Bonn-Bad Godesberg (Bundesamt für Naturschutz).
- Ritter, E.-H. (2005): Freiraum/Freiraumschutz. In: Ritter, E.-H. (Hrsg.): *Handwörterbuch der Raumordnung*. 4. neu bearb. Aufl., 336-340; Hannover (Akad. für Raumforschung und Landesplanung).
- Schauer, P. (2006): GIS-gestützte Prognose zur Landschaftszerschneidung im Freistaat Sachsen für das Jahr 2020. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden. 126 S.
- Siedentop, S.; Heiland, S. (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele. In: *Forschungen*, H. 130, 177 S.; Bonn (BMVBS).
- Statistisches Bundesamt (2008): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland*. In: *Indikatorenbericht 2008*, 74 S.; Wiesbaden.
- United Nations (1993): *Multilateral Convention on Biological Diversity (with annexes)*. Concluded at Rio de Janeiro on 5 June 1992. In: *United Nations – Treaty Series*, H. 1760, 142-382.  
<http://www.cbd.int/convention/convention.shtml> (8.6.2009).
- Walz, U.; Berger, A. (2004): Analyse der Auswirkungen des Landschaftswandels auf die Erholungseignung. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2004*. 760-769; Heidelberg (Wichmann).
- Waterstraat, A.; Baier, H.; Holz, R.; Spiess, H.-J.; Ulbricht, J. (1996): Unzerschnittene, störungsarme Landschaftsräume. Versuch der Beschreibung eines Schutzgutes. In: Landesamt für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.): *Die Bedeutung unzerschnittener, störungsarmer Landschaftsräume für Wirbeltierarten mit großen Raumansprüchen*. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt und Natur, H. 1, 5-24.

# **Regionalstatistik und Flächenmonitoring**

# Flächenstatistik und Datengrundlagen nach regionalstatistischen Rastereinheiten in Österreich

Erich Wonka

## Zusammenfassung

Im Folgenden wird gezeigt, dass ein effektiver Einsatz von Daten zur Lösung von räumlichen Aufgaben nur dann möglich ist, wenn sich diese Daten auf Gebietsgliederungen beziehen, die flächendeckend, regelmäßig teilbar bzw. zusammenfügbar und leicht zu handhaben sind. Diese Anforderungen erfüllen nur geometrische Gebietsgliederungen wie die der Rastereinheiten. Aus diesem Grund ist man in Österreich dazu übergegangen, sowohl die flächenbezogenen Daten (z. B. Landnutzungsdaten) als auch die objektbezogenen statistischen Daten (z. B. Volkszählungsdaten) auf der Basis von regionalstatistischen Rastereinheiten zur Verfügung zu stellen.

## 1 Gemeinde- oder Rasterdaten – ein regionalstatistischer Vergleich

Nur dann, wenn sich die Daten auf Gebietseinheiten beziehen, die alle die gleiche Größe haben und keinen Grenzänderungen unterworfen sind, wie das bei einer Rastergliederung der Fall ist, sind sie universell einsetzbar. Dies ist auch der entscheidende Vorteil gegenüber den Daten, die als räumliche Bezugsbasis die Verwaltungsgliederungen wie die Gemeinden haben. Mit Gemeindedaten bekommt man zwar einen ersten Überblick, mehr aber nicht. Für konkrete Planungsmaßnahmen sind die Gemeindedaten viel zu ungenau. Räumliche Unterschiede, die es aufzuzeigen gilt, werden nivelliert oder sogar verfälscht. Dies deshalb, da die Gemeinden untereinander nicht nur in ihrer Größe, sondern auch in ihrer Form viel zu stark variieren. Während die Größenunterschiede der Gemeinden schon innerhalb Österreichs stark schwanken, werden die Größenunterschiede noch stärker, wenn man die Gemeinden verschiedener europäischer Länder in die Betrachtung mit einschließt. Damit ist die Gefahr der statistischen Fehlinterpretation bei länderübergreifenden Gebietsvergleichen besonders hoch. Dies wird deutlich, wenn man die beiden Karten in Abbildung 1 vergleicht.

Wie aus der linken Karte hervorgeht, führt die unterschiedliche Form und Größe der Gemeinden sowohl in Österreich als auch in Slowenien zu Vergleichsstörungen. Der Sachverhalt wird verzerrt wiedergegeben. Hingegen kommt es zu keinen Verzerrungen, wenn man, so wie bei der rechten Karte, sich bei der Dichtewertberechnung auf 2,5-km-Raster bezieht.

Vorteile homogener räumlicher Bezugseinheiten (Raster):

- Vereinfachte Darstellung komplexer GIS-Daten.
- Gleichmäßige räumliche Basis (standardisierte Darstellungsweise).
- Ermittlung von Nachbarschaftsbeziehungen ohne GIS.
- Erleichterung der Kombinierbarkeit von Geoinformation.
- Datenschutzproblematik entschärft.
- Leichte Möglichkeit der Akkumulierung auf höhere Aggregationsebenen.

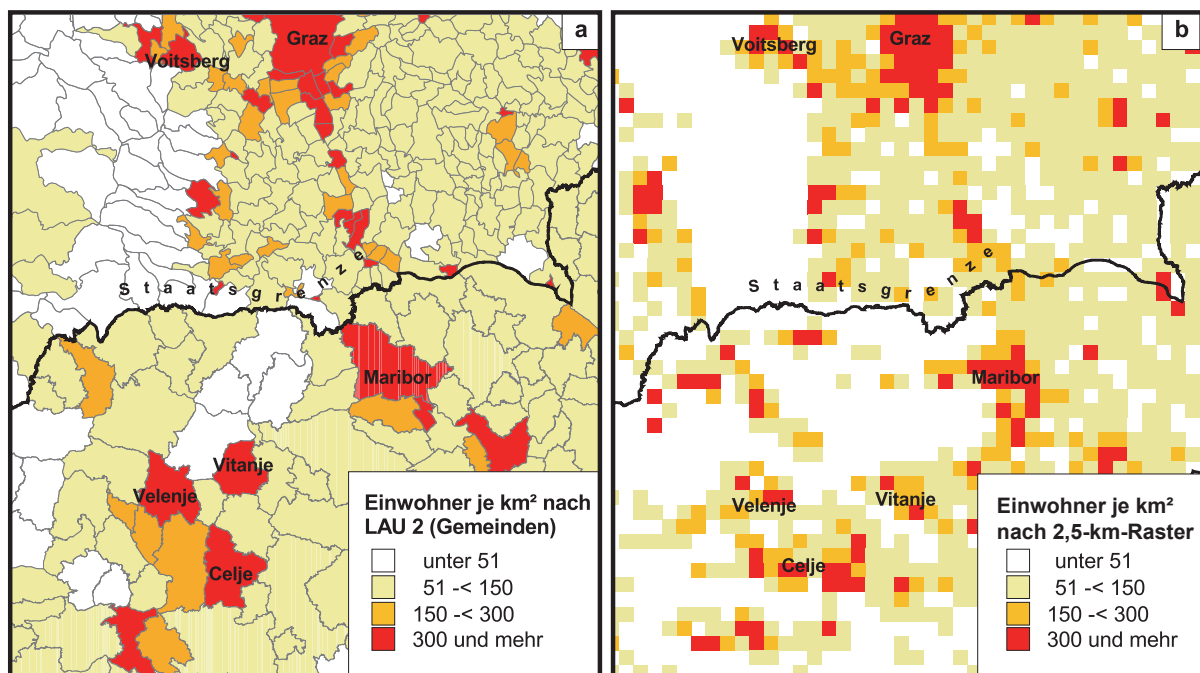


Abb. 1: Grenzüberschreitende Bevölkerungsdichtekarte auf der Basis von Gemeinden (links) und Rasterzellen (rechts) (Quelle: Eigene Bearbeitung)

## 2 Punkt- und flächenbezogene Daten auf der Basis eines einheitlichen Rastersystems für Europa

Statistische Daten auf der Basis von regionalstatistischen Rastereinheiten wurden von STATISTIK AUSTRIA erstmals bei der Großzählung 2001 standardmäßig angeboten. Diese Rastergliederung baut auf der Lambert'schen Kegelprojektion auf. Diese Projektion wurde deshalb genommen, da in der Übersichtskarte von Österreich 1:500.000 diese Projektion verwendet wird.

Die Großzählung 2001 war die letzte in dieser Form durchgeführte statistische Erhebung, da man auf eine Registerzählung umsteigt. Mit dem Umstieg auf eine Registerzählung hat sich STATISTIK AUSTRIA auch entschlossen, standardmäßig die Rasterdaten auf der Basis des Bezugssystems ETRS1989\_LAEA (Lambert Azimutal Equal Area) weiterzugeben. Dieser Raster wurde auf EU-Ebene für die Landnutzungsdaten schon vor einiger Zeit beschlossen (siehe Abb. 2). Seitens INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) wird empfohlen, diesen für Landnutzungsdaten bereits verwendeten ETRS89-Raster auch als Bezugsgrundlage für die statistischen Daten heranzuziehen.

Standardmäßig vorgeschlagen werden die Rastergrößen 100 m und 1 km. Bei der in Abbildung 3 gezeigten Karte sind die Staaten schwarz dargestellt, wo die Volkszählungsdaten in den Datenbanken auf der Basis von Adresskoordinaten (Gebäudekoordinaten) gespeichert sind. Das bedeutet, dass diese Länder (Norwegen, Finnland, Schweden, Dänemark, Niederlande, Schweiz, Estland, Österreich und Slowenien) ihre statistischen Daten in jedes beliebige gesamteuropäische Rasternetz (egal welcher Rastergröße) überführen können. Der große Vorteil dabei ist, dass die statistischen Daten aus der Volkszählung mit den von EUROSTAT herausgegebenen flächenbezogenen Geodaten, wie Bodendaten, Landnutzungsdaten, Klimadaten, eindeutig verknüpft werden können.

Bei diesem entscheidenden Schritt hin zur Ermöglichung von Rasterdaten nimmt der European Grid-Club eine wichtige Rolle ein. Ziel des Grid-Clubs ist es außerdem, die europäischen Länder zu motivieren, möglichst viele statistische Daten nicht nur auf der Bezugsebene von Gemeinden, sondern auch von Rastereinheiten anzubieten.

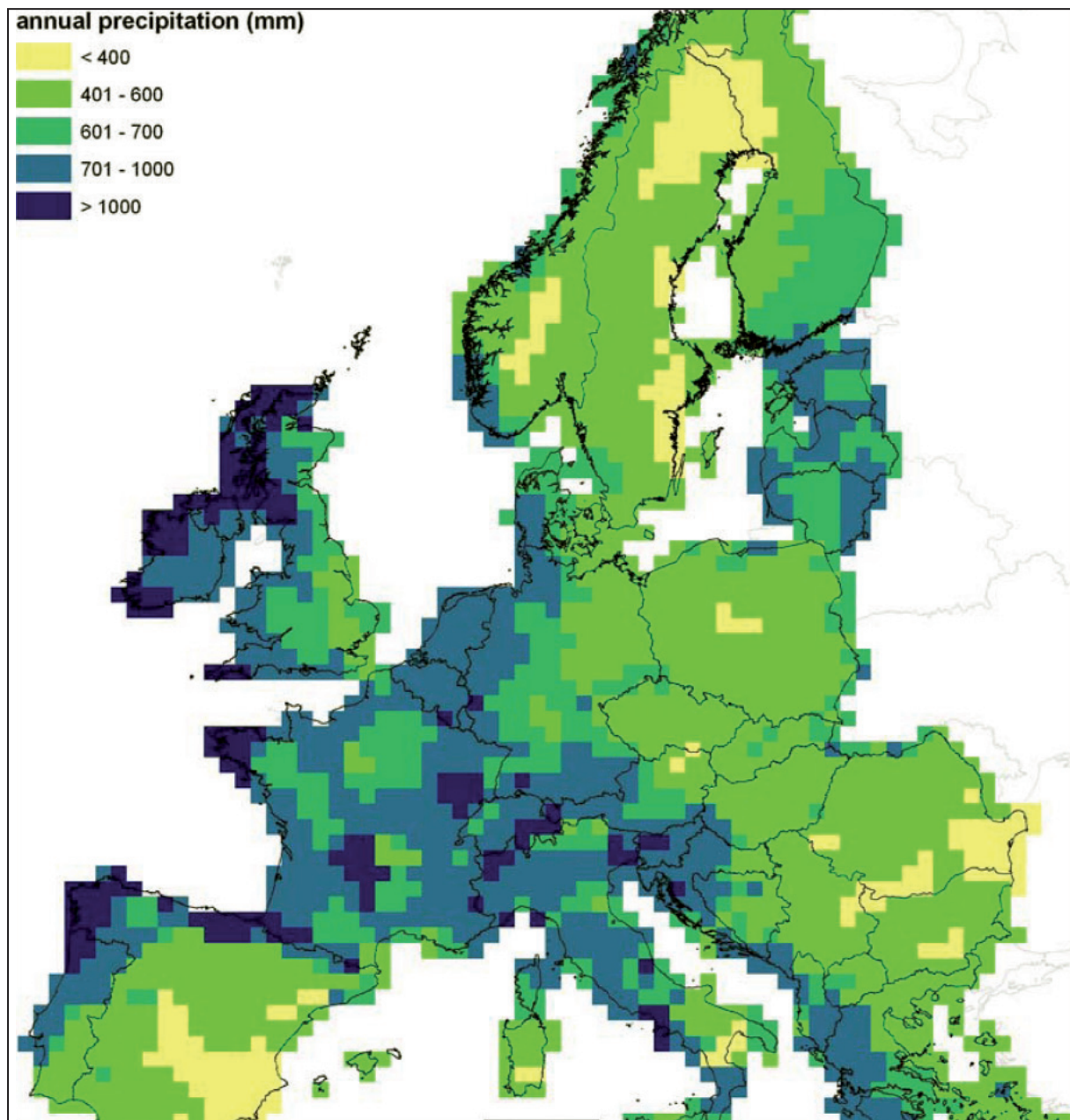


Abb. 2: Flächenbezogene Geodaten (Beispiel: Jährlicher Niederschlag) auf der Basis des europäischen Rasters mit dem Bezugssystem ETRS1989-LAEA (Quelle: Internetkarte von EUROSTAT)

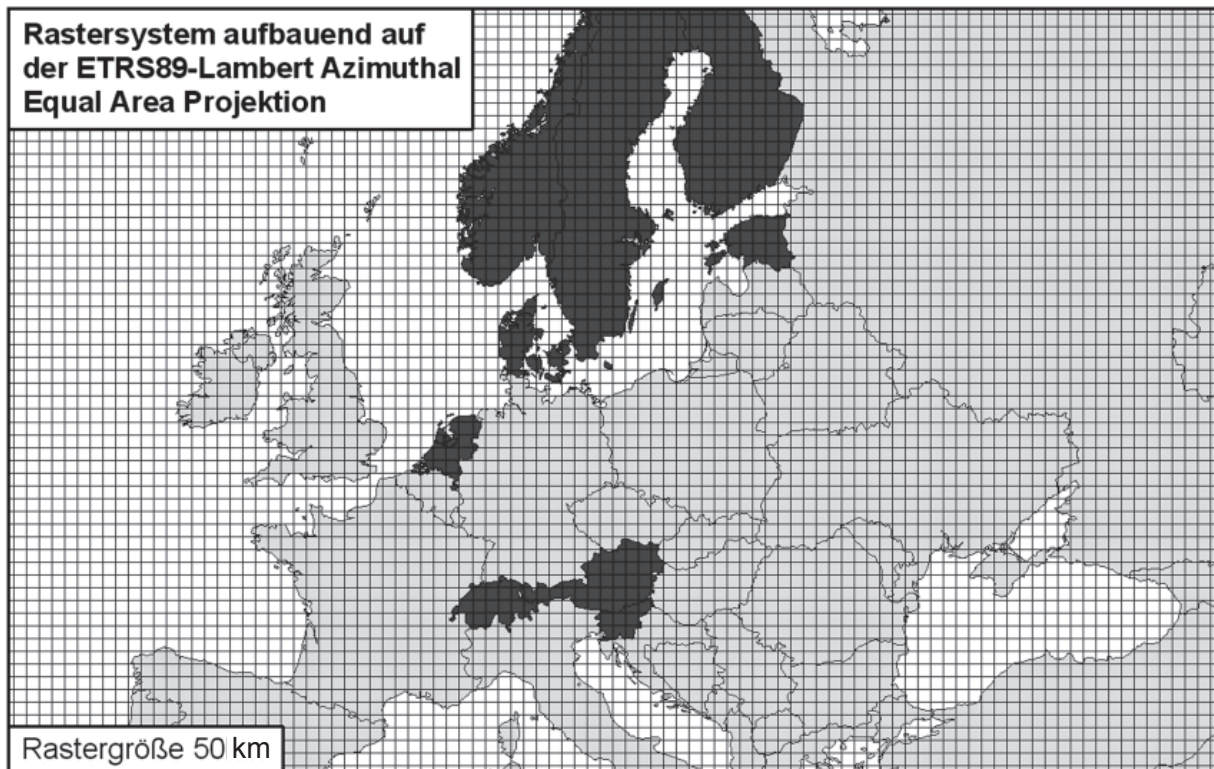


Abb. 3: Objektbezogene Daten (Beispiel: Volkszählungsdaten) auf der Basis des europäischen Rasters mit dem Bezugssystem ETRS1989-LAEA (Quelle: Eigene Bearbeitung)

In den meisten Staaten sind die statistischen Daten in den Datenbanken so gespeichert, dass keine Datenauswertungen auf Rasterbasis möglich sind. Sie stehen nur auf der Basis von Verwaltungseinheiten zur Verfügung. Man hat aber die Möglichkeit, durch Disaggregation der Daten auf der Basis von Verwaltungseinheiten, eine Verbesserung der räumlichen Verteilung in der Karte zu erreichen. Sind die statistischen Daten der Staaten nur auf der Basis von Verwaltungseinheiten gespeichert, können Verwaltungsstatistiken der Gemeinden durch Einbeziehung von Landnutzungsklassifikationen aus dem CORINE-Programm (siehe auch Beitrag Siedentop in diesem Band) sowie durch Anwendung von Verfahren zur geographischen Verfeinerung statistischer Informationen (Konzept der Disaggregation) den Rasterzellen zumindest grob zugeordnet werden.

Wie bereits erwähnt, hat INSPIRE, was die Harmonisierung von Geodaten betrifft, eine wichtige Funktion. INSPIRE ist eine Initiative der Europäischen Kommission mit dem Ziel, eine europäische Geodaten-Basis mit integrierten raumbezogenen Informationsdiensten zu schaffen. Eine EU-Richtlinie verpflichtet die Mitgliedsstaaten, stufenweise interoperable Geobasisdaten (zunächst zur Topographie) sowie bereits vorhandene Geofachdaten (zunächst zur Umwelt und Landwirtschaft) bereit zu stellen. INSPIRE lenkt somit die Geodateninfrastruktur Europas, indem auch hier bestimmte Vorgaben gemacht werden, denen die

Dienste genügen müssen. Ein Ziel von INSPIRE ist deshalb, alle von den Ländern erhobenen rasterbezogenen Daten auf ein einheitliches Projektionssystem zu bringen.

### 3 Rasterdaten in Österreich

STATISTIK AUSTRIA stellte erstmals die Daten aus der Großzählung 2001 auf der Basis von Rasterzellen zur Verfügung. Mittlerweile bieten auch andere landesweit in Österreich agierende Datenanbieter ihre Daten auf der Basis dieser Rastergrößen an. Treibende Kraft ist hier vor allem das Lebensministerium, das die Koordination in Richtung einheitliches Datenangebot auf der Basis von Rasterzellen betreibt.

#### 3.1 Objekt- bzw. gebäudebezogene Daten

Die kleinste statistische Erhebungseinheit, in der die Daten in den Datenbanken von Statistik Austria gespeichert sind, ist in vielen Fällen das Gebäude. Sind in diesen Datenbanken dann auch noch die Gebäude mit einem Koordinatenwert versehen, ist eine Zuordnung zu Rasterzellen leicht möglich (siehe Abb. 4).

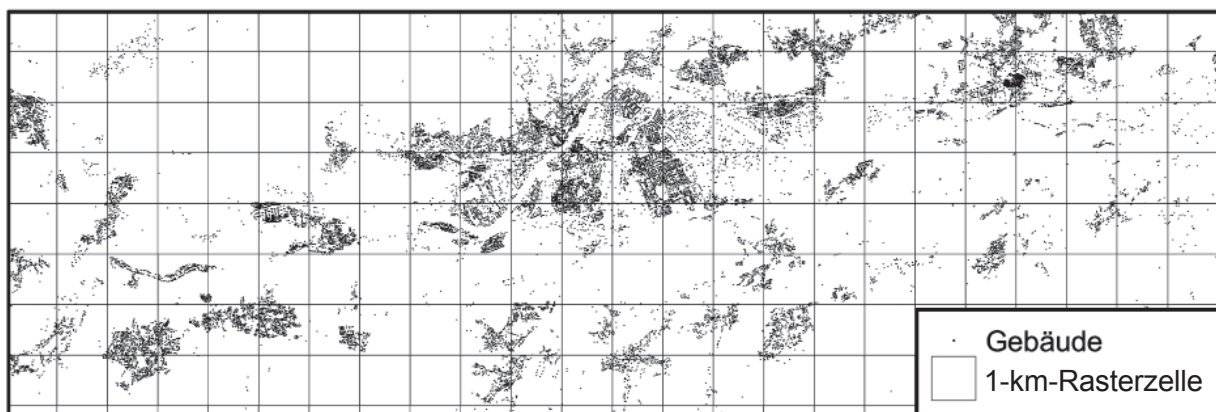


Abb. 4: Gebäudeverteilung innerhalb von 1-km-Rasterzellen (Quelle: Eigene Bearbeitung)

Die Karte zeigt die Gebäudeverteilung innerhalb der Raster mit einer Netzmaschenweite von 1 km. Sind die Daten auf der Basis von Gebäudekoordinaten in der Datenbank gespeichert (koordinatengebundene Datenbank), können von STATISTIK AUSTRIA die Gebäude und damit die auf Gebäudeebene gespeicherten Daten jederzeit einer Rasterzelle automationsunterstützt zugeordnet werden. Wie Abbildung 4 zeigt, werden die statistischen Daten wie die Großzählungsdaten als Punkte (Gebäudepunkte) digitalisiert und danach in einen regionalstatistischen Raster konvertiert. Das Ergebnis ist ein Raster im Vek-



torformat (im GIS ArcView als Shape-File abgespeichert). Im Gegensatz dazu handelt es sich, z. B. bei dem digitalen Höhenmodell, um Datensätze im Grid-Format (kurz Grids).

Folgende Daten stellt STATISTIK AUSTRIA auf der Basis von regionalstatistischen Rastereinheiten zur Verfügung:

- *Daten aus der Agrarstrukturerhebung:*

Merkmale zu den land- und forstwirtschaftlichen Betrieben werden aus Datenschutzgründen erst ab einer Rastergröße von 1 km weitergegeben. Dies gilt auch nur dann, wenn in einer Rasterzelle mindestens vier landwirtschaftliche Betriebe sind. Die Weitergabe von Daten auf der Basis von Rasterzellen von 500 m und kleiner ist auch gar nicht sinnvoll, da hier die Besetzungszahl von landwirtschaftlichen Betrieben zu oft unter vier ist.

- *Daten aus der Großzählung:*

Für ganz Österreich werden flächendeckend die Fallzahlen aus der Großzählung 2001 bereits auf der Basis von geographischen Rastereinheiten mit einer Seitenlänge von 125 m (bzw. 100 m bei den Fallzahlen aus der kommenden Registerzählung) bereitgestellt. Als statistische Fallzahlen werden derzeit die Zahl der Personen mit Hauptwohnsitz, Personen mit Nebenwohnsitz, Haushalte, Gebäude, Wohngebäude, Wohnungen, Arbeitsstätten und die Zahl der Beschäftigten angeboten.

Eine Aufgliederung der statistischen Fallzahlen nach Merkmalen wird aus Datenschutzgründen erst ab einer Rastergröße von 250 m weitergegeben. Dies gilt aber nur dann, wenn die Rastereinheiten ausreichend mit Fallzahlen belegt sind. Die Datenschwelle hängt von der Merkmalsart der Fallzahl ab. Merkmale über Hauptwohnsitzer (z. B. Familienstand) werden dann weitergegeben, wenn in einer Rasterzelle mindestens 31 Personen mit Hauptwohnsitz sind. Handelt es sich um Merkmale von Gebäuden (z. B. Gebäudenutzung), dann müssen in einer Rasterzelle mindestens vier Gebäude sein.

Die Großzählung 2001 (Volks-, Gebäude- und Wohnungszählung sowie Arbeitsstättenzählung) war die letzte in dieser Form durchgeführte statistische Erhebung, da man auf eine Registerzählung umsteigen wird. Die Gründe für den Umstieg auf eine Registerzählung sind: Traditionelle Großzählungen sind zu teuer, die Ergebnisse zu spät verfügbar, der Erhebungswiderstand der Bevölkerung zu hoch, und die meisten Daten sind ohnedies in Registern verfügbar. Auch können die Intervalle zwischen den Volkszählungen von zehn auf fünf Jahre oder weniger verkürzt werden.

Regionalstatistische Raster haben den großen Vorteil, dass man die Rastergröße den regionalstatistischen Aufgabenstellungen anpassen kann. Je genauer der Sachverhalt dargestellt werden soll, desto feinmaschiger muss der Raster sein. Die Rastereinheiten haben gegenüber den administrativen Einheiten den großen Vorteil, dass man den anwendungsbezogenen Bedürfnissen entsprechend eine Rastergröße auswählen kann. Bei kleineren Rasterzellen sind statistische Daten leichter mit detaillierten raumbezogenen Daten aus Topographie, Planung, Naturraum und sonstigen Thematiken zu verknüpfen. Grobmaschige Raster bewirken zwangsläufig eine Vergröberung der statistischen Verteilung. Die statistische Verteilung bleibt aber in ihren Grundzügen immer erhalten (siehe Abb. 5 und Abb. 6).

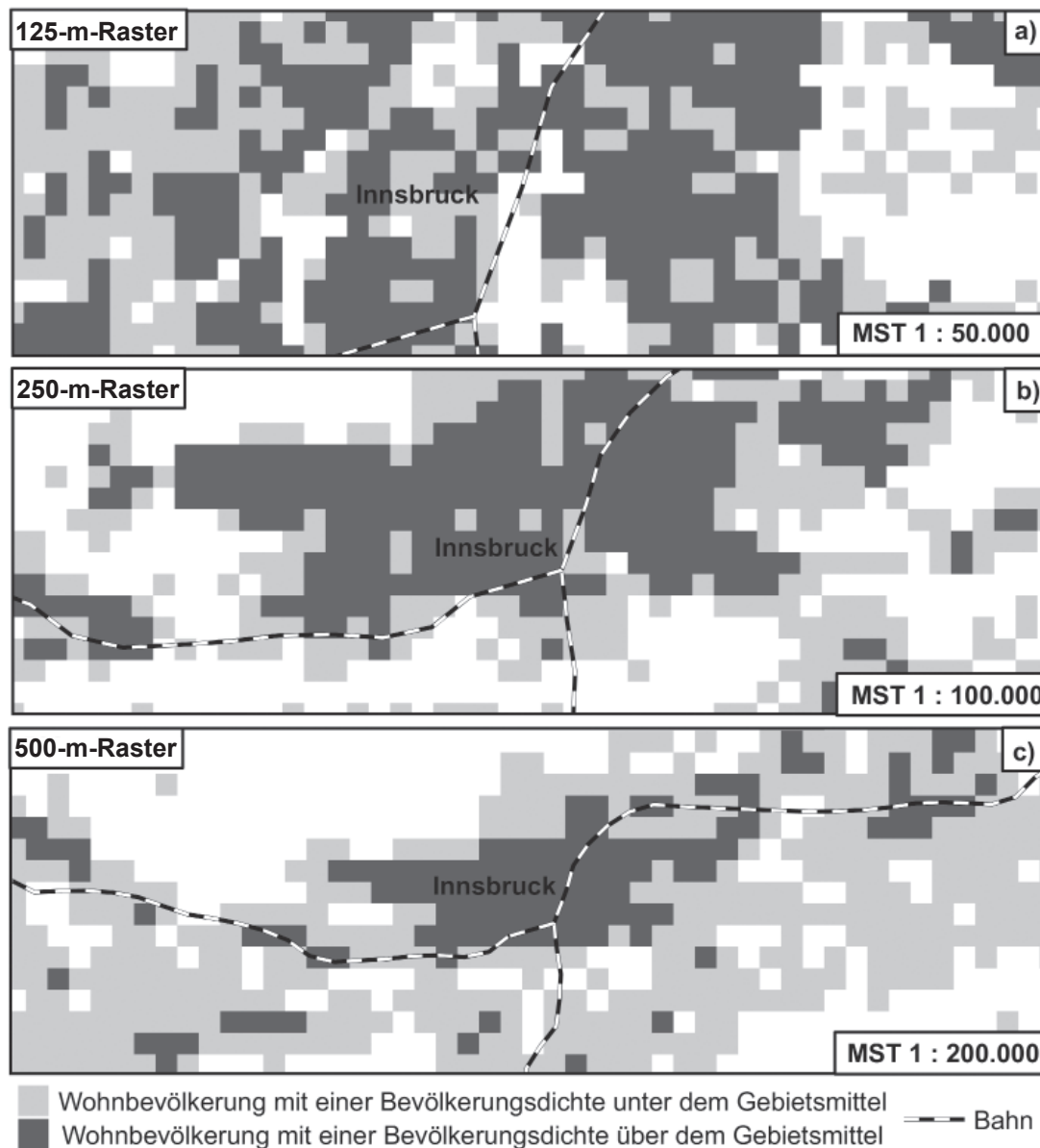


Abb. 5: Bevölkerungsdichte in der Region Innsbruck auf Basis kleinmaschiger Raster (Quelle: Eigene Bearbeitung)

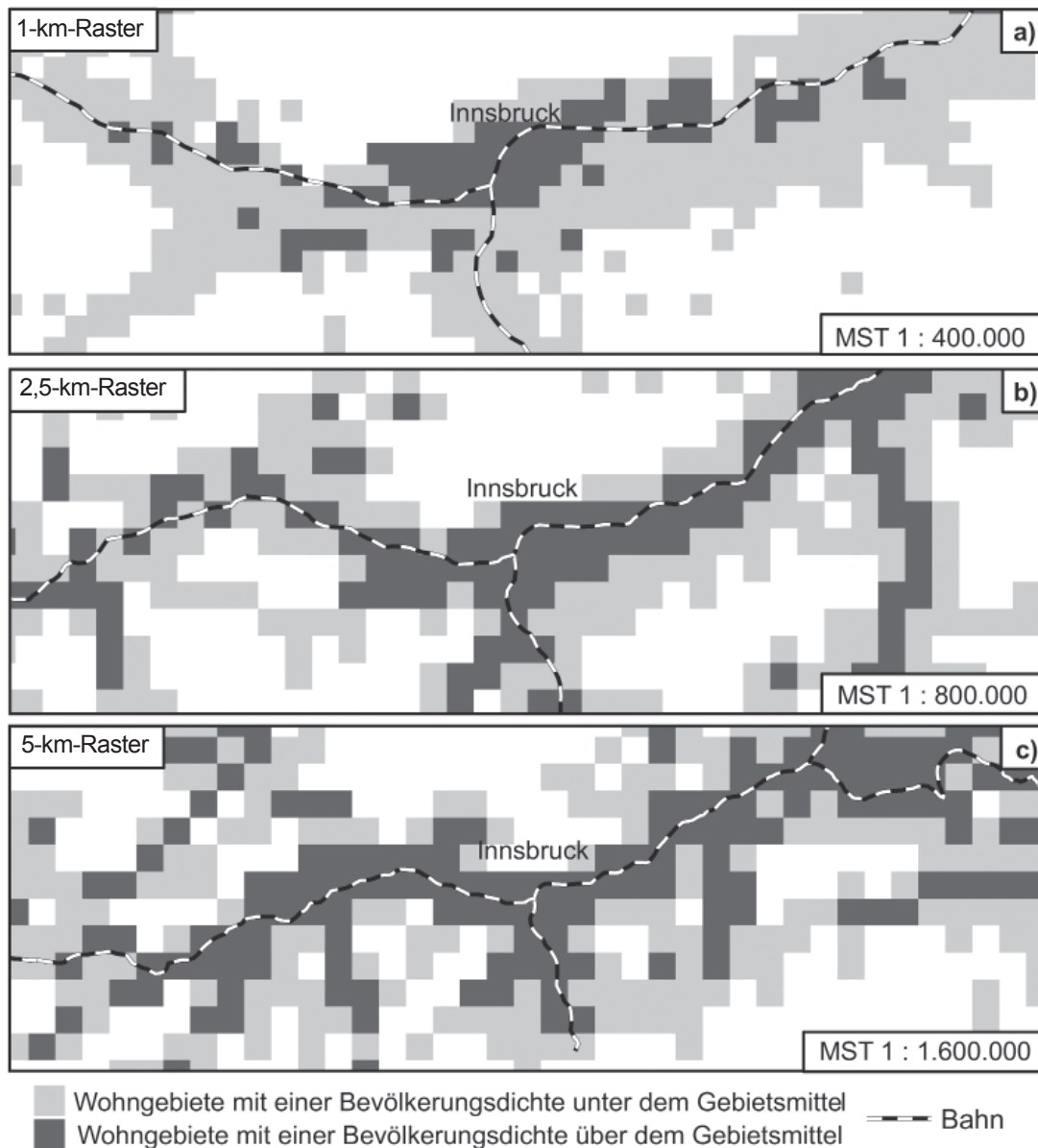


Abb. 6: Bevölkerungsdichte in der Region Innsbruck auf Basis grobmaschiger Raster  
(Quelle: Eigene Bearbeitung)

### 3.2. Flächenbezogene Daten

Wie eine Zuordnung von Flächendaten zu Rasterzellen erfolgen kann, zeigt Abbildung 7. In diesem Fall wurde so vorgegangen, dass jede Rasterzelle nur eine Merkmalsausprägung bekommt und zwar die mit der größten Fläche. Die Fläche wies bei diesem Beispiel auch eine entsprechende Mindestgröße auf. Die schwerpunktmäßige Zuordnung der Polygonflächen (hier die Eignung der Böden für den Ackerbau aus der „Digitalen Bodenkarte Österreichs“) zu den 250-m-Rasterzellen erfolgt nach der größten Polygonfläche. Die Rasterzelle bekommt also die Qualität des Ackerlandes mit der jeweils in der Rasterzelle liegenden größten Polygonfläche.

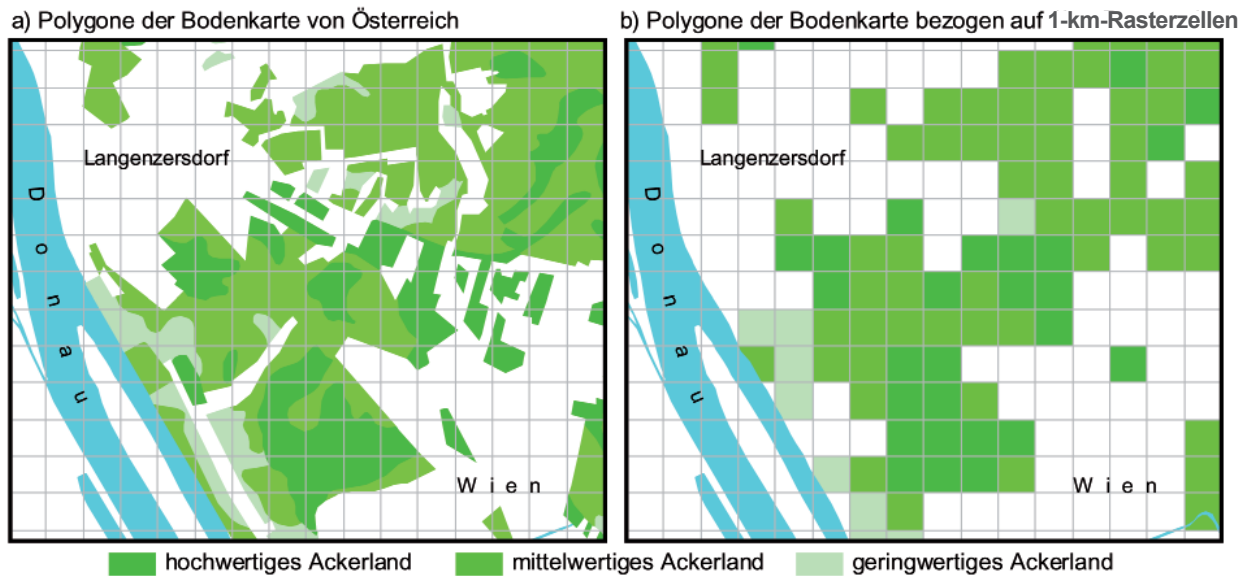


Abb. 7: Eignung der Böden für den Ackerbau auf Polygon- und Rasterbasis (Ausschnitt)  
(Quelle: Digitale Bodenkarte Österreichs, eigene Bearbeitung)

Folgende flächenbezogene Daten werden auf der Grundlage von Rasterzellen angeboten oder werden demnächst aufbereitet:

- INVEKOS-Flächendaten: wie z. B. Ackerland, Grünland, Sonderkulturen, Wein, Almen. INVEKOS ist das von der EU eingerichtete Förder- und Kontrollsystem zur Abwicklung von flächenbezogenen Beihilfen in der Landwirtschaft. In INVEKOS werden landwirtschaftliche Flächen durch Luftbildauswertungen erfasst und aktuell gehalten, wobei die Landwirte selbst für die Abgrenzung und Nutzungszuweisung ihrer Flächen verantwortlich sind (Quelle: Lebensministerium).
- Wetterdaten: wie z. B. Niederschlag, Verdunstung, Temperatur, Sonnenscheindauer, Windgeschwindigkeit (Quelle: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik).
- Landwirtschaftliches Ertragspotenzial: verfügbare Feldarbeitstage usw. (Quelle: Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein).
- Natura2000-Gebiete: Flächenausmaß in ha (Quelle: Bundesländer).
- Landnutzungsdaten: wie z. B. städtisch geprägte Flächen, Industrie- und Gewerbeflächen, Wälder, Ackerflächen, Dauerkulturen, Grünland (Quelle: CORINE 2000, Umweltbundesamt).
- Benachteiligte Gebiete: wie z. B. Berggebiete (Quelle: Lebensministerium).
- Landwirtschaftlicher Boden: wie z. B. Wertigkeit des Ackerlandes, Bodenarteneinteilung, Bodentypengruppen, Humusgehalt, Erosionsbezeichnung,

Geländeformbezeichnung (Quelle: Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft).

- Grundbuch und Eigentümerverzeichnis: wie Baufläche, landwirtschaftlich genutzte Fläche, Garten, Weingarten, Wald, Gewässer (Quelle: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen).
- Hagelschäden: jährliche Trockenheit, Auswuchs, Hagel, Überschwemmung, Frost usw. (Quelle: Hagelversicherung, Lebensministerium).
- Wasserdaten: wie z. B. hydrographische Daten (Quelle: Lebensministerium).
- Geologie: diverse Daten (Quelle: Geologische Bundesanstalt).

Das Lebensministerium als Hauptanwender dieser Daten hat veranlasst, dass sich diese Auswertungen ab 2009 auf das ETRS89-Rasternetz beziehen. Für interne Auswertungen wird eine Rastergröße von 100 m verwendet. Seit 2008 gibt es innerhalb der Homepage vom Lebensministerium einen direkten Link auf Themenkarten auf der Basis von 1-km-Rastereinheiten (landwirtschaftliche Nutzfläche, Hangneigung, Verhältnis Acker-Grünlandflächen, Bioflächen, Großvieheinheiten, Ausgleichszulage, Bodenklimazahl, Alpen und Vegetationsperiode. Der Link für die Geoinfo-Applikation mit Karten auf der Basis von 1-km-Rasterzellen lautet: <http://gis.lebensministerium.at/geoinfo>

### 3.3 Digitales Höhenmodell

Ein digitales Höhen- oder Geländemodell (DHM) ist charakterisiert durch Seehöhe, Hangneigung, Exposition, Rauigkeitsindex, Kuppen- und Muldenfaktor (siehe Abb. 8, Quelle: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen).

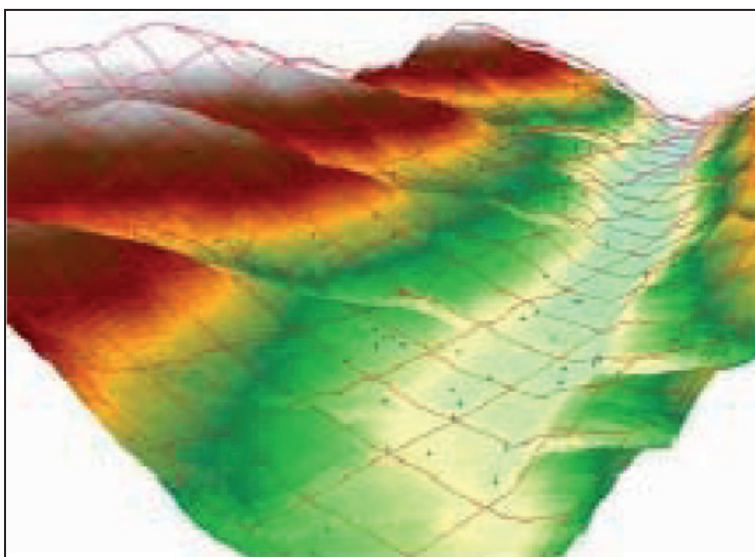


Abb. 8: Digitales Höhenmodell  
(Quelle: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Bearbeitung: T. Guggenberger)

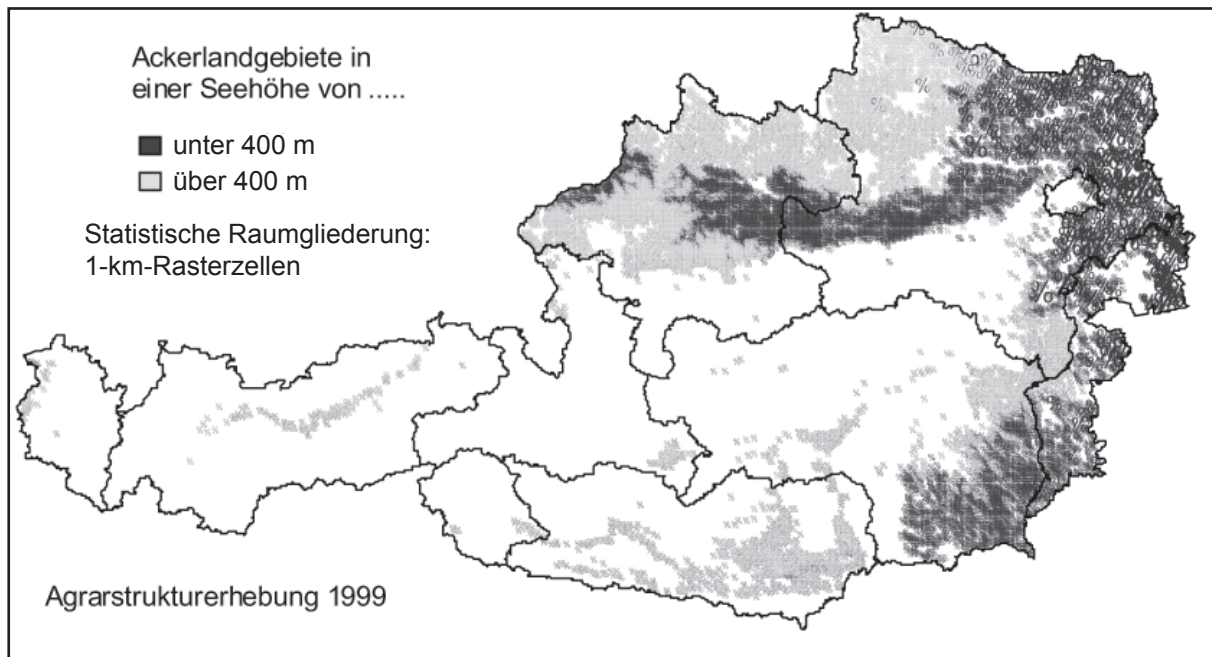


Abb. 9: Karte der Ackerlandgebiete, verknüpft mit dem digitalen Geländemodell Österreichs auf 1-km-Rasterbasis (Quelle: Eigene Bearbeitung)

Die Karte in Abbildung 9 zeigt die Verknüpfung des DHM mit den statistischen Daten auf der Basis von regionalstatistischen Rastereinheiten der Agrarstrukturerhebung. Kombiniert man die Höhenstufen aus dem digitalen Geländemodell mit der landwirtschaftlichen Nutzung (z. B. Ackerlandfläche), wird die tatsächliche Bewirtschaftungssituation besser wiedergegeben. Dort, wo Ackerbau möglich ist, wird dieser auch mit 100 % betrieben. Das sind vor allem die niedrig gelegenen Gebiete. Dass derartige räumliche Analysen umso genauer werden, wenn sowohl der regionalstatistische Raster als auch das Grid möglichst klein sind, liegt auf der Hand.

## 4 Anwendungsbeispiele

### 4.1 Rasterbasierte Auswertung aus Datenbanken mit unterschiedlicher räumlicher Bezugsbasis

Am Beispiel der Typisierung ländlicher Räume wird gezeigt, wie man mithilfe eines rasterbasierten Ansatzes vorgehen kann, wenn die für eine Strukturtypenbildung herangezogenen statistischen Daten aus Datenbanken stammen, die eine unterschiedliche regionale Bezugsbasis haben. Die für diese Strukturtypenbildung verwendeten Indikatoren stehen in den Datenbanken auf der Basis folgender Raumgliederungen zur Verfügung:

- Statistische Daten auf der Basis von 1-km-Rasterzellen
  - Einwohnerdichtewerte aus der Volkszählung 2001 (siehe Abb. 10a),
  - Erzeugung und Bauwesen in % der Beschäftigten insgesamt am Arbeitsort aus der Arbeitsstättenzählung 2001,
  - Dienstleistungen in % der Beschäftigten insgesamt am Arbeitsort aus der Arbeitsstättenzählung 2001,
  - Landwirtschaftliche Arbeitskräfte aus der Agrarstrukturerhebung 1999 (siehe Abb. 10b),
  - Erwerbstätige Tagespendler am Wohnort mit einer Wegzeit von 45 Minuten und länger in % der Erwerbstätigen insgesamt aus der Volkszählung 2001,
  - Ackerlandfläche nach 1-km-Rasterzellen aus den INVEKOS-Daten (siehe Abb. 10c),
  - Grünlandfläche nach 1-km-Rasterzellen aus den INVEKOS-Daten,
  - Jahresbruttobezug der Einkommensbezieher aus der Lohnsteuerstatistik 2006 (siehe Abb. 10d)
  - Zahl der Übernachtungen im Fremdenverkehr aus der Fremdenverkehrsstatistik 2001 (siehe Abb. 10e).
- CORINE-Landnutzungsdaten aus Satellitenbilddauswertungen (siehe Abb. 10f).

Das Umlegen der auf Gemeindebasis erhobenen Daten auf regionale Gebiets-einheiten erfolgte hier mithilfe der Einwohnerdaten des 1-km-Rasterfiles. Nur denjenigen Rasterzellen wurden Übernachtungs- bzw. Einkommenszahlen zugeordnet, wo Einwohnerzahlen vorkommen. Das bedeutet, dass jede Rasterzelle in einer Gemeinde den gleichen Wert hat. Ebenfalls umgelegt werden müssen die CORINE-Landnutzungsdaten 2000 auf die 1-km-Rasterzellen. Während die für die Typisierung ländlicher Räume verwendeten Daten aus der Volkszählungsdatenbank der Agrarstrukturerhebung und der INVEKOS-Datenbank auf der Basis von 1-km-Rasterzellen zur Verfügung stehen, müssen die Daten aus der Lohnsteuerstatistik, der Fremdenverkehrsstatistik und der CORINE-Landnutzungsflächen auf 1-km-Rasterzellen umgerechnet werden.

Aufbauend auf diesen rasterbasierten Daten erfolgt die Strukturtypenbildung. Zur methodischen Umsetzung dieser ländlichen Raumtypen wurde ein clusteranalytischer Ansatz gewählt (Ergebnis siehe Abb. 11). Dieser Ansatz verfolgt hier das Ziel, aus einer heterogenen Grundgesamtheit von Objekten auf der räumlichen Bezugsebene von 1-km-Rastereinheiten homogene Teilgruppen abzuleiten (Höferl et al. 2007).

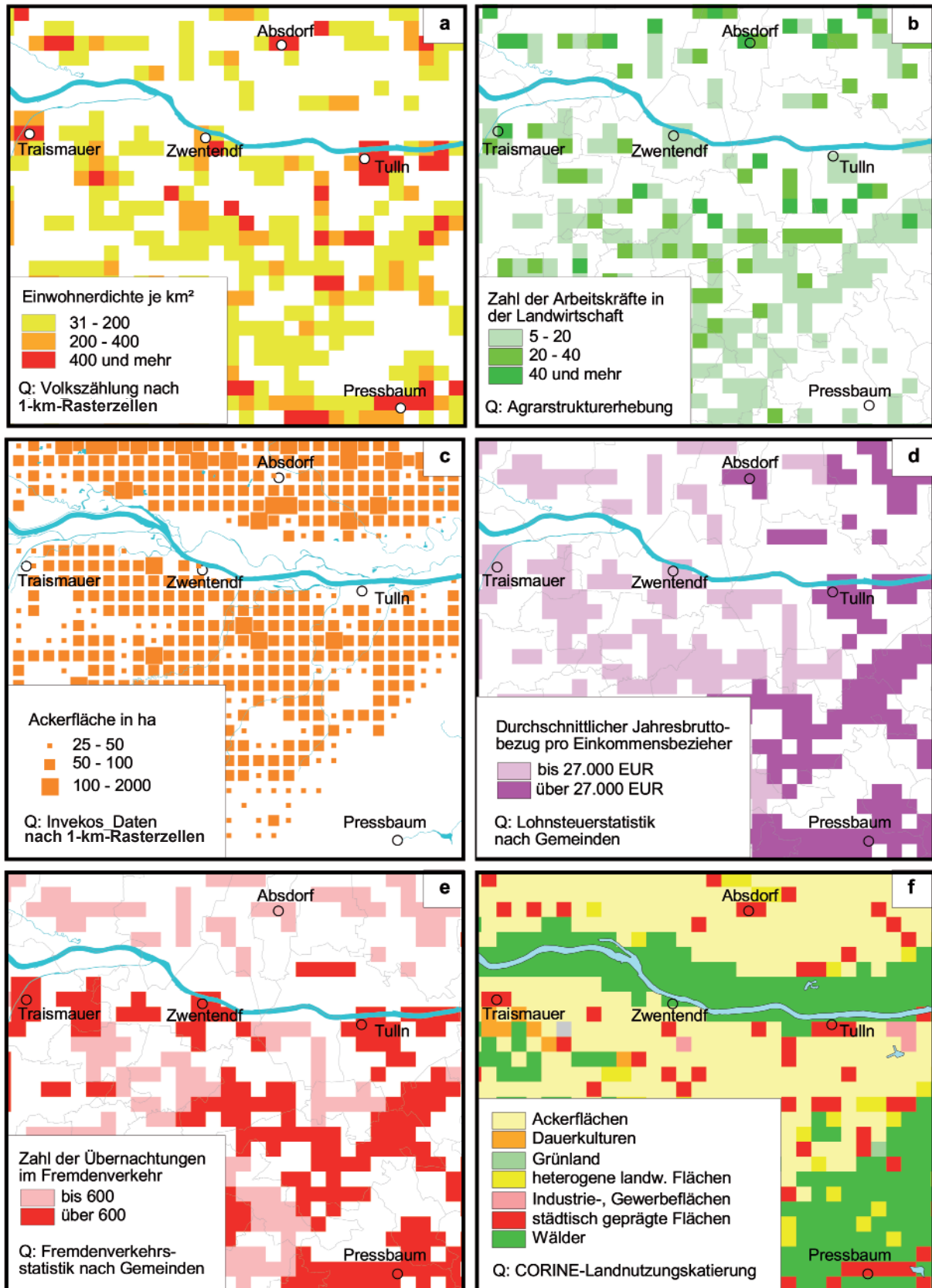


Abb. 10: Typisierung ländlicher Räume mit Raster- und Vektordaten verschiedener Quellen auf der Basis von 1-km-Rasterzellen (Quellen: Eigene Bearbeitung)



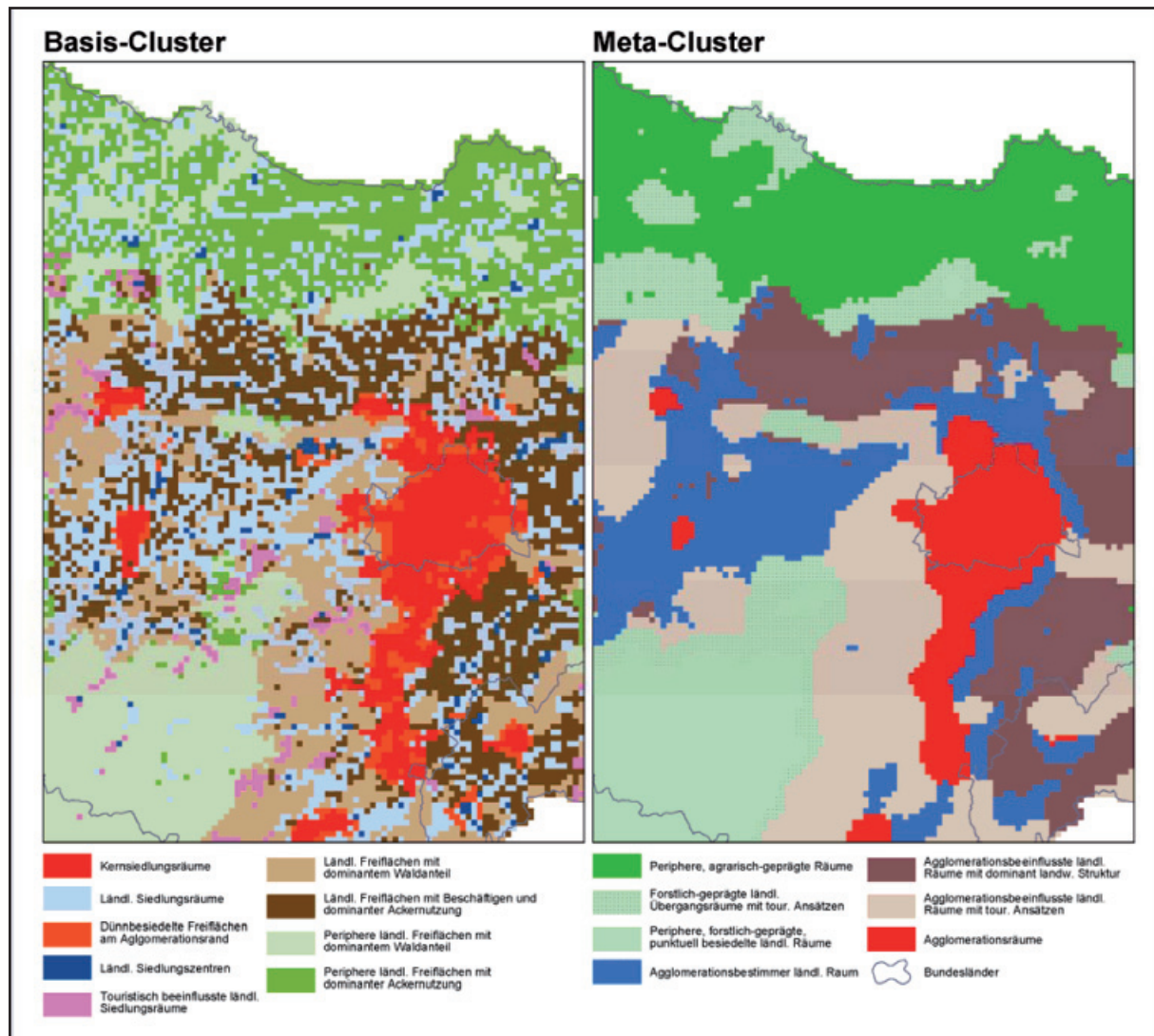


Abb. 11: Strukturtypenbildung ländlicher Räume – Ergebnisse des clusteranalytischen Ansatzes auf der Basis von Rasterdaten (Quelle: K. M. Höferl)

## 4.2 Abgrenzung des Siedlungs- und Dauersiedlungsraumes

Da STATISTIK AUSTRIA die Daten aus der Großzählung (GZ) 2001 auf Rasterbasis zur Verfügung stellt, kann die Abgrenzung des Siedlungsraumes genauer erfasst werden, als dies mit den Landnutzungsdaten von CORINE, nämlich „städtisch geprägte Flächen“ und „Industrie- und Gewerbeflächen“ der Fall ist. Ausgehend von den CORINE-Landnutzungsdaten (siehe Abb. 12a) hat deshalb STATISTIK AUSTRIA den Siedlungsraum für ganz Österreich neu abgegrenzt (siehe Abb. 12b). Wie bei der Abgrenzung des Dauersiedlungsraumes in Österreich als Berechnungs- und als kartographische Darstellungsfläche im Einzelnen vorgegangen wurde, ist bei Wonka 2008a und Wonka et al. 2006 beschrieben. Wie Abbildung 12b zeigt, wurde der Siedlungsraum mithilfe der Einwohner- und Beschäftigtendaten auf der Basis von 250-m-Rasterzellen abgegrenzt und nicht

mehr wie bei CORINE-Landnutzungstypen aus Ackerflächen, Dauerkulturen, Grünland, heterogenen landwirtschaftlichen Flächen, Abbaufächen und künstlich angelegten nicht landwirtschaftlichen Flächen. Da bei der exakteren Bestimmung des Siedlungsraumes durch die Einwohner- und Beschäftigtendaten nach 250-m-Rasterzellen auch Teile des Nicht-Dauersiedlungsraumes erfasst wurden, änderte sich damit auch die Dauersiedlungsraumfläche insgesamt.

Im Internet von STATISTIK AUSTRIA befinden sich Tabellen der auf der Basis des 250-m-Rasters abgegrenzten Dauersiedlungsraumflächen nach Gemeinden, Politischen Bezirken, NUTS3-Gebieten und Bundesländern. Diese Flächen beruhen auf der nicht generalisierten Abgrenzung von 250-m-Rasterzellen und können deshalb auch zur Berechnung von Dichtewerten herangezogen werden: [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/regionales/regionale\\_gliederungen/dauersiedlungsraum/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/regionales/regionale_gliederungen/dauersiedlungsraum/index.html)

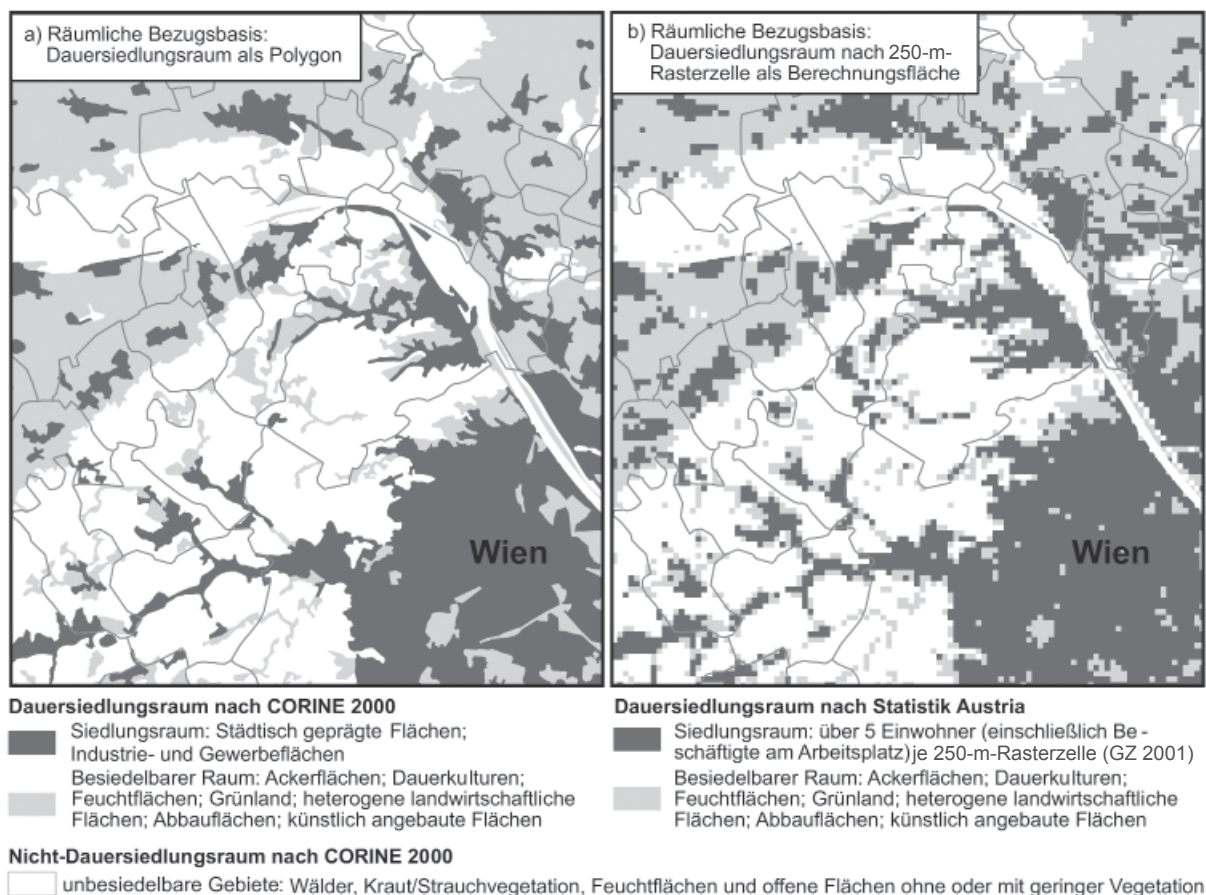


Abb. 12: Abgrenzung des Dauersiedlungsraumes nach Landnutzungsdaten (a) und zusätzlich mithilfe der Einwohner-/Beschäftigtendichtewerte nach 250-m-Rasterzellen (b)  
(Quelle: CORINE 2000, Statistik Austria)

Verwendet man den Siedlungs- bzw. Dauersiedlungsraum als kartographische Darstellungsfläche, muss dieser dem Kartenmaßstab entsprechend generalisiert sein. Ein erster Schritt zur Generalisierung wird erreicht, wenn man nicht von 250-m-Rasterzellen ausgeht (siehe linke Karte in Abb. 13), sondern von 500-m-Rasterzellen (siehe rechte Karte in Abb. 13). Bei der Generalisierung wurde so vorgegangen, dass einerseits der tatsächliche „Siedlungsraum“ reduziert wurde, indem isoliert liegende Rasterzellen entfernt wurden, und andererseits der tatsächliche Siedlungsraum erweitert wurde, um zu einer geschlossenen Siedlungsfläche zu kommen.

Benötigt man einen noch stärker generalisierten Dauersiedlungsraum für kleine Kartenmaßstäbe (z. B. Maßstab 1:2.000.000 und kleiner), muss bei der Abgrenzung darauf geachtet werden, dass die Täler immer als solche noch erkennbar bleiben. Die verschiedenen Generalisierungsstufen des Dauersiedlungsraumes auf der Basis der 500-m-Rasterzellen sind in Form von Karten im Internet von STATISTIK AUSTRIA zu finden.

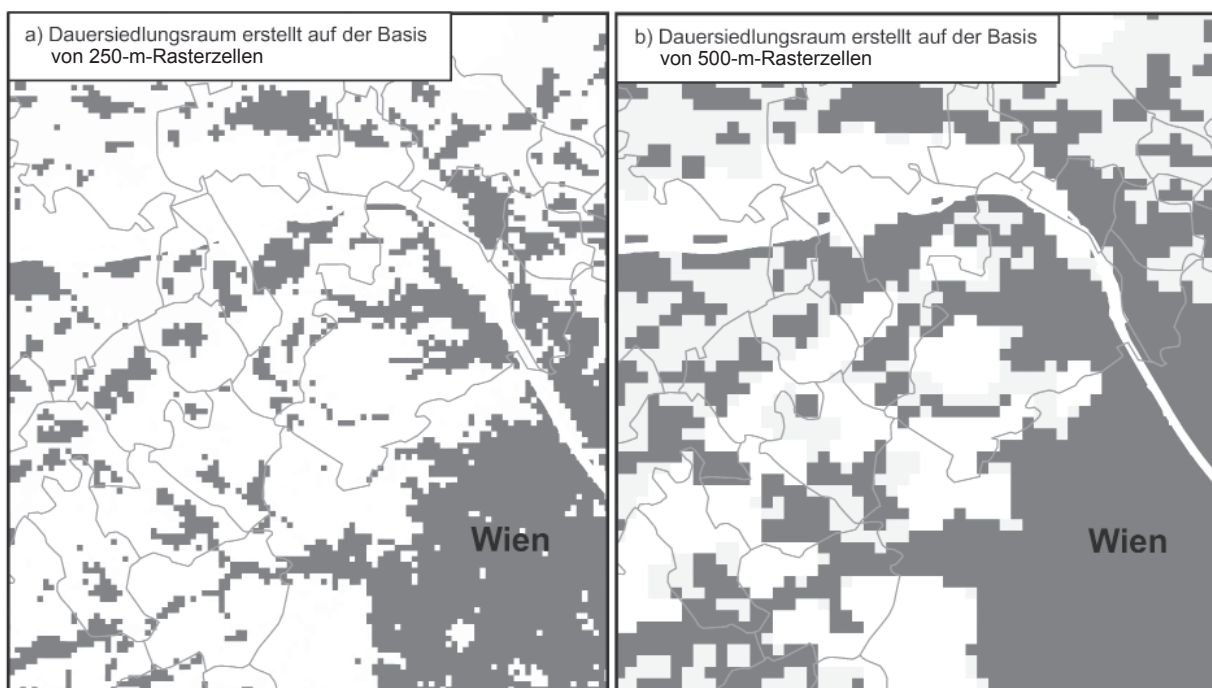


Abb. 13: Abgrenzung des rasterbasierten Dauersiedlungsraumes mithilfe von 250-m-Rasterzellen (a) und vergrößert mit Hilfe von 500-m-Rasterzellen (b) (Quelle: Statistik Austria)

#### 4.3 Abgrenzung urbaner Gebiete mithilfe der Bevölkerungsdichte, bezogen auf den Dauersiedlungsraum

Zur Abgrenzung von urbanisierten Gebieten wendet EUROSTAT derzeit die Definition des „Grades der Urbanisierung“ an, der im Wesentlichen auf der Be-

völkerungsdichte beruht und zwischen drei Arten von Gebieten unterscheidet (dicht besiedeltes Gebiet; Gebiet mit mittlerer Besiedlungsdichte und gering besiedeltes Gebiet). Folgende Abgrenzungskriterien wurden nun für die Neufestlegung des Urbanisierungsindex unter Berücksichtigung des Dauersiedlungsraums verwendet:

- Dicht besiedeltes Gebiet: Gruppe aneinander grenzender örtlicher Gebiets-einheiten (Gemeinden), die eine Bevölkerungsdichte von jeweils mehr als 500 Einwohnern pro km<sup>2</sup> Dauersiedlungsraumfläche der Gemeinde und zusammen eine Bevölkerung von mindestens 50 000 Einwohnern aufweisen;
- Gebiet mit mittlerer Besiedlungsdichte: Gruppe aneinander grenzender, nicht zu einem dicht besiedelten Gebiet gehörender örtlicher Gebietseinheiten, die eine Bevölkerungsdichte von jeweils mehr als 100 Einwohnern pro km<sup>2</sup> Dauersiedlungsraum der Gemeinde aufweisen und entweder zusammengenommen eine Bevölkerung von mindestens 50 000 Einwohnern haben oder an ein dicht besiedeltes Gebiet grenzen.

Wie aus Abbildung 14 links hervorgeht, kommt man bei den von EUROSTAT vorgeschlagenen Abgrenzungskriterien zu einem wenig befriedigenden Ergebnis. Ein Problem in der praktischen Anwendung der räumlichen Kontiguität ist die Tatsache, dass sie auf dem Kriterium der gemeinsamen Gemeindegrenze beruht. Nun können Gemeinden zwar gemeinsame Grenzen aufweisen, aber durch natürliche Grenzen, wie große Wasserflächen, dennoch eindeutig getrennt sein:

Im Folgenden wird gezeigt, dass Gebiete mit hoher und mittlerer Besiedlungsdichte besser abgegrenzt werden können, wenn die Einwohnerzahlen nicht auf der Basis der gesamten Gemeindefläche berechnet werden, sondern auf der Basis der Dauersiedlungsraumfläche einer Gemeinde (siehe Abb. 14 rechts). Wenn für die Dichtewertberechnungen statt der gesamten Gemeindefläche nur die in der Gemeinde liegende kleinere Fläche des Dauersiedlungsraumes herangezogen wird, muss zwangsläufig der Schwellenwert erhöht werden. Tests haben gezeigt, dass in diesem Fall 600 Einwohner pro km<sup>2</sup> Dauersiedlungsraum (statt 500 Einwohner pro km<sup>2</sup> Gemeindefläche) für die Abgrenzung der dicht besiedelten Gebiete geeignet erscheinen. Für die Abgrenzung der Gebiete mit mittlerer Besiedlungsdichte ist ein Schwellenwert von 250 Einwohnern pro km<sup>2</sup> Dauersiedlungsraum (statt 100 Einwohner pro km<sup>2</sup> Gemeindefläche) zweckmäßig. Die Dauersiedlungsraumflächen der Gemeinden sind abrufbar unter: [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/regionales/regionale\\_gliederungen/Dauersiedlungsraum/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/regionales/regionale_gliederungen/Dauersiedlungsraum/index.html).

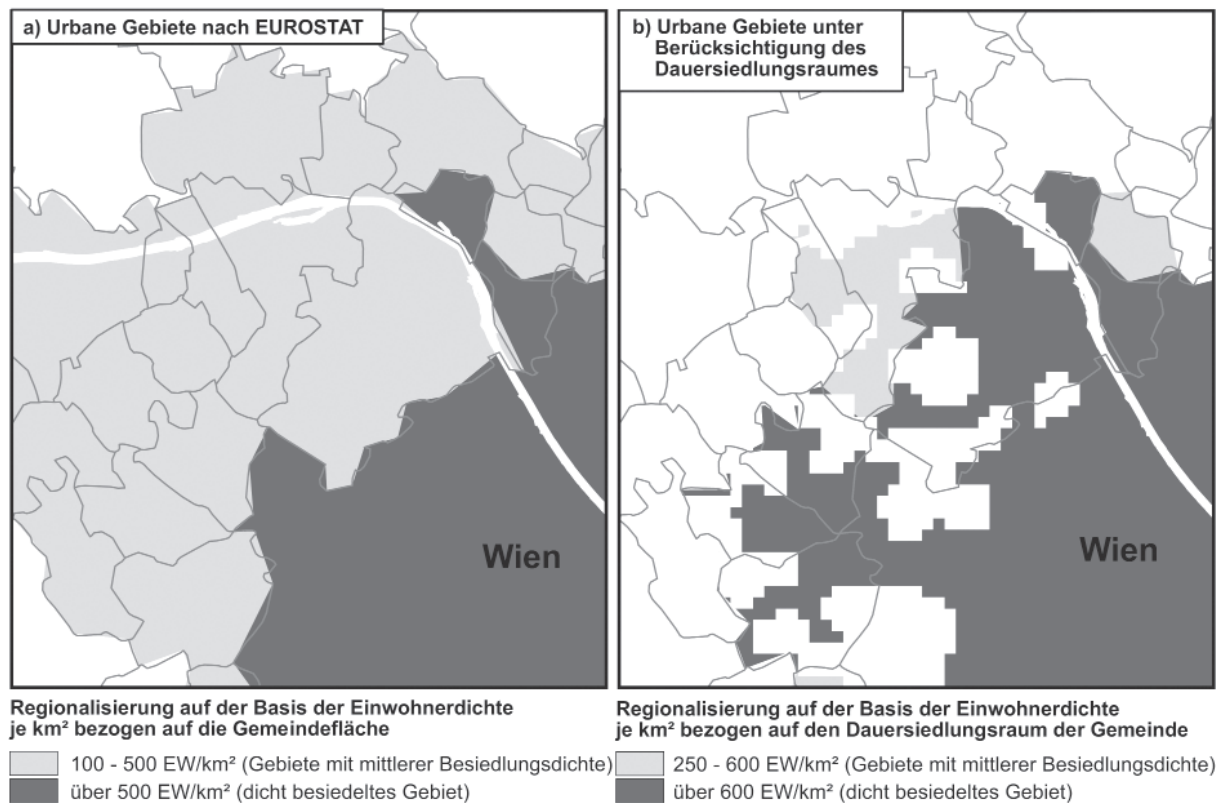


Abb. 14: Abgrenzung urbanisierter Gebiete nach EUROSTAT (a) und Neuabgrenzung urbanisierter Gebiete mithilfe des rasterbasierten Dauersiedlungsraumes (b) (Quelle: Eigene Bearbeitung)

## 5 Fazit

Die regionale Aufgliederung der Statistiken auf der Gemeindeebene mag in der Vergangenheit genügt haben, da die Gemeinden im Wesentlichen „natürlich“ gewachsene Gebilde darstellten. Auch die Anforderung an statistische Daten für räumliche Untersuchungen war nicht so groß. Lange musste man in Österreich mit Verwaltungsgliederungen das Auslangen finden. Das Angebot an Gebietsgliederungen, für die STATISTIK AUSTRIA statistische Daten zur Verfügung stellen kann, ist innerhalb der letzten Jahre umfangreich geworden. Dadurch dass man die Großzählungsdaten 2001 (Volks- Gebäude- und Wohnungszählung sowie Arbeitsstättenzählung) auf eine koordinatengebundene Datenspeicherung umgestellt hat, ist man in der Lage, statistische Aggregate so anzubieten, dass sie den heutigen Anforderungen der Raumwissenschaften entsprechen.

Die koordinatengebundene Speicherung der Großzählungsdaten ermöglicht es auch, statistische Daten auf der Basis von Rastern mit jeweils unterschiedlicher Zellengröße anzubieten. Raster eignen sich vor allem deshalb als statistische Bezugsflächen, da der Lagefehler des Darstellungsinhaltes maximal die Größe der Rastereinheiten erreichen kann und damit gegenüber dem oft mehrere Kilometer betragenden Lagefehler administrativer Bezugseinheiten sehr gering ist.

Immer mehr Datenanwender arbeiten mit Geographischen Informationssystemen. Mithilfe dieser Systeme ist man in der Lage, ein Mehrfaches an Informationen aus den statistischen Daten herauszuholen. Das Problem von Datenanwendern dabei ist heute nicht mehr die Software und deren Implementierung, sondern die statistischen Daten so räumlich detailliert aufbereitet zu bekommen, dass diese gut im GIS verarbeitet werden können. Allgemeine Informationen über das regionalstatistische Rasterangebot in Österreich und dessen Auswertungsmöglichkeiten mithilfe von Geographischen Informationssystemen findet man auf der Internetseite von STATISTIK AUSTRIA und der Seite GIScience der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

## Literatur

- Fotheringham, A.S.; Brunson, C.; Charlton, M. (2000): *Quantitative Geography. Perspectives on Spatial Data Analysis*. London.
- Guggenberger, T.; Bartelme, N. (2005): GIS-gestützte Modellierung der Nährstoffbilanzen Österreichischer Grünlandbetriebe. Teil 1: Erstellung eines Geographischen Informationssystems zur Beurteilung ökologischer Zusammenhänge. Hrsg. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpensein, Irnding, H. 43.
- Höferl, K. M.; Kalasek, R.; Seher, W.; Wonka, E.; Weber, G. (2007): Stadt, Land, Fluss – zur Strukturtypenbildung ländlicher Räume in Österreich. In: Strobl/Blaschke/Griesebner (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2007*. Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann, Heidelberg, 271-276.
- STATISTIK AUSTRIA (2009):  
[http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/regionales/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/regionales/index.html)
- Steinnocher, K. et al. (2005): Räumliche Disaggregation von sozio-ökonomischen Daten. In: Strobl/Blaschke/Griesebner (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2005*. Beiträge zum 17. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann, Heidelberg.
- Wonka, E.; Dollinger, F.; Prinz, T.; Spitzer, W. (2006): Dauersiedlungsraum auf der Basis von geographischen Rastereinheiten als Grundkarte für regionalstatistische Kartendarstellungen. In: Strobl/Blaschke/Griesebner (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2006*. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann, Heidelberg.

Wonka, E. (2008): Regionalstatistik in Österreich auf der räumlichen Bezugsbasis von regionalstatistischen Rastereinheiten. Hrsg. Österreichische Akademie der Wissenschaften – Forschungsstelle Geographic Information Science und STATISTIK AUSTRIA, Salzburg, 64 S.

<http://www.oeaw-giscience.org/download/RasterStatistikWonka.pdf>

Wonka, E. (2008a): Neuabgrenzung des Dauersiedlungsraumes. In: Statistische Nachrichten. Hrsg. STATISTIK AUSTRIA, H. 5.; Wien.

Wonka, E. (2008b): Regionalstatistik in Österreich auf der räumlichen Bezugsbasis von regionalstatistischen Rastereinheiten. Hrsg. Österreichische Akademie der Wissenschaften und STATISTIK AUSTRIA.

# **Konzept eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung auf Grundlage von Geobasisdaten**

Gotthard Meinel

## **Zusammenfassung**

In dem Beitrag werden das Konzept und erste Realisierungsergebnisse eines Monitors vorgestellt, der Zustand und Entwicklung von Siedlungs- und Freiraumstruktur in Deutschland beschreibt. Grundlage ist das ATKIS Basis-DLM, dessen Geobasisdaten einer gesetzlichen Fortschreibung unterliegen. Dieses digitale Landschaftsmodell ist der aktuellste und genaueste topographische Datensatz, der flächendeckend für Deutschland vorliegt. Die hochauflösenden GIS-Daten ermöglichen erstmals die Berechnung sehr kleinräumiger Kennzahlen und Indikatoren der Flächennutzung für die gesamte Fläche der Bundesrepublik Deutschland. Das geplante Indikatorensystem umfasst die Themenbereiche Siedlung, Freiraum, Bevölkerung, Landschafts- und Naturschutz sowie Verkehr. Es soll, in Ergänzung zu bestehenden flächenstatistischen Berichtssystemen, den urbanen Nutzungswandel und den damit einhergehenden Druck auf Freiräume und Schutzgebiete, insbesondere unter Nachhaltigkeitsaspekten, beschreiben. Die Ergebnisse der komplexen Berechnungen werden im Internet bereitgestellt. Ein Überblicks- und ein Detail-Viewer ermöglichen eine einfache Visualisierung der raumbezogenen Indikatoren und Entwicklungsphänomene. Der Monitor und die damit verbundenen methodischen Entwicklungen sind Aufgabe des Forschungsbereichs „Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung“ des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung.

## **1 Hintergrund**

Ein sparsamer und schonender Umgang mit der begrenzten Ressource Fläche ist ein Kernelement der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Zentrales Ziel der Flächenhaushaltspolitik der deutschen Bundesregierung ist die Verminderung der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr auf 30 ha/Tag bis 2020 (Dosch 2008). Derzeit steht die Ampel für den Indikator Flächeninanspruchnahme auf Rot (RNE 2008). Die Bestimmung der Flächennutzung und ihrer Ent-



wicklung ist heute noch nicht in der erforderlichen Genauigkeit gegeben. Die Amtliche Flächennutzungsstatistik ist mit einigen Problemen behaftet, die die Belastbarkeit für Aussagen hinsichtlich der Veränderungstendenzen einschränken (Statistisches Bundesamt 2008; siehe auch Beitrag Deggau in diesem Band). Dies betrifft:

- Die eingeschränkte Aktualität der Flächennutzungsstatistik. Im Fall großer und damit bilanzwirksamer Veränderungen, wie Flurneuordnungsverfahren, Infrastrukturmaßnahmen (z. B. Straßenneubau), großflächigem Rückbau (z. B. im Rahmen des Stadtumbaus), Renaturierungen von Bergbauflächen oder der Konversion von militärisch genutzten Flächen, erfolgt der Kataster-eintrag teilweise erst viele Jahre nach Nutzungsänderung.
- Viele technologische Änderungen der Datengrundlage von der Computergestützten Liegenschaftsdokumentation COLIDO im Osten Deutschlands über das Amtliche Liegenschaftsbuch, das Automatische Liegenschaftsbuch (ALB), das Amtliche Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) bis hin zum zukünftigen AAA-Modell bedingen Brüche in der Kontinuität der Flächenstatistik, die den Aufbau stabiler Zeitreihen erschweren. Nach notwendigen Berichtigungen liefern diese durch den Fehlerausgleich nur für große Gebietseinheiten, wie Bundesländer oder Kreise, belastbare Ergebnisse.
- Durch die flurstücksbezogene Sicht auf die Fläche wird eine Differenzierung der tatsächlichen Bodenbedeckung unmöglich. So können weder die tatsächlich überbaute Fläche noch Gebäude mit ihrer Geschossigkeit differenziert werden.
- Die amtliche Flächennutzungsstatistik ermöglicht keine Berechnung der Nutzungsänderung konkreter Flächen mit ihrem jeweiligen Raumbezug (Flächenwanderungsbewegung), sondern ausschließlich die Berechnung der Bestandssituation. Ob z. B. hochwertiger und damit schützenswerter Boden überbaut wurde, ist nicht feststellbar.
- Es sind keine Aussagen über die Lage neuer Siedlungsflächen im Siedlungsgefüge möglich. Gerade aber die Bilanzierung von baulichen Bestands- gegenüber „Grüne-Wiese-Entwicklungen“ ist relevant für die Bewertung der Nachhaltigkeit der Siedlungsentwicklung.
- Die Flächennutzungsstatistik ist stark verzerrt durch die undifferenzierte Eingliederung von Bergbaufolgelandschaften in Erholungs- und damit in Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV). Auch bleiben einige Flächen in der Land- und Forstwirtschaft (z. B. asphaltierte Wege, Biomasse-Anlagen) in dem SuV-Wert unberücksichtigt.

- Der amtlichen Flächennutzungsstatistik liegt das Amtliche Liegenschaftsbuch mit seinen Angaben zur Flächengröße des Grundstücks und seiner Nutzung zugrunde. Allerdings ist diese Nutzungsangabe teilweise fehlerhaft, da diese bei Nutzungsänderungen nicht immer aktualisiert wird.

Neben der amtlichen Flächenstatistik existieren weitere Datenquellen, die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Flächennutzung und deren Entwicklung stehen. So werden, aufbauend auf der amtlichen Flächenstatistik, in der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UGRdL) Aussagen zur Nutzungseffizienz der Flächen und zur Bruttowertschöpfung auf Kreisbasis getroffen (Statistische Ämter der Länder 2008; siehe auch Beitrag Frie/Hensel in diesem Band). Eine weitere Datenquelle zur Flächennutzung in Deutschland sind die Indikatoren und Karten zur Raumentwicklung (INKAR) vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), die regelmäßig in Tabellen- und Kartenform eine Vielzahl von Indikatoren hauptsächlich auf Kreisebene präsentieren. Darunter befinden sich auch zahlreiche Indikatoren, die mit der Flächennutzung im engen Zusammenhang stehen. In der Entwicklung, aber noch nicht verfügbar, ist der DeCOVER-Ausgangsdienst, der die Flächennutzung auf Basis von Satellitenbilddaten im Maßstab 1:25.000 und einer Klassifikationsgüte von ca. 80 % bei einer Mindestflächengröße von 0,5 ha in 39 Klassen beschreiben soll (Büscher et al. 2008, siehe auch Beitrag Schumacher/Meinel in diesem Band).

Seit einiger Zeit stehen durch die jahrzehntelange Arbeit der Landesvermessungsämter digitale Geobasisdaten zur Verfügung, die die Landschaft flächendeckend und in hoher räumlicher Auflösung beschreiben. Es ist an der Zeit, diese Quelle, die schon lange Grundlage für Planung und Wirtschaft ist, nun auch für die flächenstatistische Berichtserstattung zu nutzen. Diese Daten ermöglichen eine genauere Beschreibung der Flächennutzungssituation und ihrer Veränderung, als dieses bisher möglich war. Dazu ist allerdings eine Reihe von Problemen zu lösen, auf die im Kapitel 3 und 5 eingegangen wird.

## **2 Ziele**

Ziel des im IÖR im Aufbau befindlichen Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung ist die dauerhafte, räumlich hochauflösende, indikatorenbasierte Beschreibung der Flächennutzung und ihrer Entwicklung in Ergänzung bestehender Berichtssysteme. Auf seiner Grundlage sollen räumliche und zeitliche Vergleiche durchgeführt und der Nachhaltigkeitsgrad der Entwicklung besser bewertet werden (Meinel 2009). Denn die derzeit fehlende Messbarkeit der bau-

lichen Entwicklungen (vor allem bezüglich räumlicher Lage und Dichte), ermöglicht keine Entwicklungsbewertung hinsichtlich der Umsetzung siedlungspolitischer Ziele seitens Politik und Verwaltung.

In den letzten Jahren haben sich die Datengrundlagen für Flächennutzungsbeschreibungen und -bilanzierungen in Deutschland durch die flächendeckende Bereitstellung digitaler Geobasisdaten stetig verbessert. Dazu zählt insbesondere das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS (Basis-DLM), das die Landschaft im Maßstab von 1:25.000 bundesweit einheitlich und mit gesetzlich gesicherter Fortschreibung beschreibt. Das Basis-DLM ist der aktuellste und genaueste topographische Datensatz, der flächendeckend für Deutschland vorliegt (Röber et al. 2009). Durch die stark gestiegene Leistungsfähigkeit der Geoinformatik, innovative Prozessierungstechnologien, Indikatoren zur Beschreibung der Nachhaltigkeit und neuartige Visualisierungstechniken lassen sich nunmehr die sehr großen raumbezogenen Datenmengen, insbesondere des ATKIS Basis-DLMs, automatisiert analysieren und für ein Flächenmonitoring nutzen.

Tab. 1: Vergleich der amtlichen Flächennutzungsstatistik mit dem Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (Quelle: IÖR, 2009)

	<b>Amtliche Flächennutzungsstatistik<sup>1)</sup></b>	<b>Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung</b>
<b>Datengrundlage</b>	ALB	ATKIS Basis-DLM und DTK25(-V)
<b>Erhebungseinheit</b>	Flurstück (mit seiner überwiegenen Nutzungsart)	Topographische Geoobjekte nach Objektartenkatalog
<b>Kleinste veröffentlichte Raumeinheit</b>	Kreis, Gemeinde	Gemeinde und Rasterzellen bis 125 m Auflösung
<b>Beschreibung der Flächennutzung</b>	Sachdaten mit Kreisbezug, quantitativ und qualitativ aggregiert	Georäumlich individuell, dadurch qualitative und quantitativ hoch auflösend, zusätzlicher Informationsgewinn aus Lagebeziehungen (räumlich und zeitlich): (z. B. Angaben zu Vorher-Nachher, Dichte, Überlagerung und Nachbarschaft in Bezug zu Gebäude, Boden, Schutzgebiet usw.)
<b>Eignung für differenzierte Nachhaltigkeitsbewertung</b>	weniger geeignet	geeignet für die Abbildung von Nutzungsstruktur-, Effizienz-, Schutz-, Erhaltungsaspekten
<b>Ergebnisse und Visualisierung</b>	statisch in Tabellen bzw. interaktiven Karten	auch online, interaktiv und dynamisch (SVG- und Web-GIS-basiert)

<sup>1)</sup> Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung auf Basis des Agrarstatistikgesetzes

Auf diesen Grundlagen soll ein neuartiges, in thematischer Genauigkeit, Aussagekraft und räumlicher Auflösung qualifiziertes Flächenmonitoring aufgebaut werden, welches die amtliche Flächenstatistik und die Umweltökonomische Gesamtrechnung ergänzen wird (Tab. 1).

### **3 Datengrundlagen und Methodik**

An die Grundlagendaten für ein Flächennutzungsmonitoring wird eine Reihe von Anforderungen gestellt. Die Daten müssen flächendeckend für Deutschland und möglichst in homogenisierter Form vorliegen. Auch muss die Fortführung der Daten gesichert sein, um dauerhaft stabile Zeitreihen aufbauen zu können. Diese Anforderungen erfüllen nur Geobasisdaten, die einem gesetzlich gesicherten Fortführungsauftrag unterliegen (siehe Beitrag Schumacher/Meinel in diesem Band).

Die notwendige räumliche Auflösung der Grundlagendaten ergibt sich aus den inhaltlichen Anforderungen. Da der Monitor im Bereich Siedlung das Ziel verfolgt, die Siedlungsentwicklung nicht nur auf der Basis baulich geprägter Flächen insgesamt, sondern auch auf Gebäudegrundlage zu beschreiben, müssen alle Gebäudegrundrisse ohne bzw. nur geringer Generalisierung dargestellt sein. Andererseits ist der räumlichen Auflösung der Daten eine Grenze gesetzt, um Datenvolumen und Berechnungsaufwand, der mit der Auflösung quadratisch steigt, zu begrenzen. Letztlich ist auch die Verfügbarkeit früherer Zeitschnitte Bedingung, sollen auch retrospektiv Indikatorwerte bestimmt werden. Dieses ist nur durch Zugriff auf analoge Datenquellen wie Topographische Karten realisierbar, da digitale raumbezogene Daten erst seit ca. 1995 flächendeckend in Deutschland, in ausreichend hoher Qualität aber erst seit Kurzem, zur Verfügung stehen.

Unter diesen Bedingungen hat sich die Nutzung des ATKIS Basis-DLM für die aktuelle Flächenentwicklung und ergänzend der Digitalen Topographischen Karte DTK25(-V) bzw. der TK25 als ihr analoges Pendant für frühere Zeitschnitte als optimal erwiesen. Die Nutzung der DTK25 in alter und neuer Kartengrafik ermöglicht die notwendige Analyse des Gebäudebestandes, denn der Gebäudelayer ist in dem Basis-DLM, welches das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) für bundesweite Analysen zur Verfügung stellt, nicht enthalten. Eine Darstellung der Verfügbarkeit, der Probleme und eine Qualitätsbewertung der Datengrundlagen finden sich in Meinel et al. 2008c und Röber et al. 2009. Neben diesen Geobasisdaten werden im Monitor auch digitale Geofachdaten, wie z. B. Schutzgebietsdaten verschiedener Kategorien, vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) verwendet. Im Basis-DLM sind nur ausgewählte Schutzge-

bierte mit geringerer Aktualität enthalten, da diese nur nachrichtlich und selektiv aus den Geofachdaten übernommen werden.

Um kleinräumige Informationen, wie den Überbauungsgrad, die Geschossflächendichte, die Wohnungs- und Einwohnerverteilung, die häufig im Bewertungsprozess vermisst werden, zu berechnen, sollen die Flächennutzungsdaten durch räumliche Disaggregation mit Statistikdaten in Beziehung gesetzt werden. Dazu wird auf GENESIS-online, Statistik lokal und weitere Bundes- bzw. Landesstatistiken zurückgegriffen.

Im Vergleich zu statistischen Erhebungen ist die Aktualitätsangabe eines Indikators in Form eines Stichtages bei der Arbeit mit Geobasisdaten unmöglich. Deren Fortschreibung ist mit sehr hohen Aufwendungen seitens der Vermessungsverwaltungen verbunden, was zu Aktualisierungszyklen von 3-5 Jahren führt (2008 waren 0,4 % des ATKIS Basis-DLMs sogar älter als 10 Jahre!). Die Fortschreibung in Deutschland erfolgt sukzessiv in ca. 43 000 Kartenblättern, von denen auch benachbarte Blätter in vielen Fällen mehrjährige Zeitdifferenzen in der Grundaktualität aufweisen. Damit ergeben sich insbesondere für große Gebietseinheiten, die sehr viele Kartenblätter unterschiedlichen Datums umfassen, teilweise größere zeitliche Differenzen. Darum wird die Aktualität eines Indikators für die unterschiedlichen Gebietseinheiten (z. B. Bundesland, Kreis, Gemeinde) als mittlere flächengewichtete Aktualität auf Basis der Grundaktualität, welche als Metadatum für jedes Kartenblatt bekannt ist, berechnet. Damit werden auch räumliche und zeitliche Vergleiche von Indikatoren unter Beachtung der berechneten Aktualität möglich. Die Aktualität der Indikatoren für die gewählten Gebietseinheiten wird immer angezeigt, bei grafischen Darstellungen in Form einer Nebenkarte.

Derzeit werden seitens der Planung und Politik insbesondere Indikatoren vermisst, die Lage, Vernetzung, Dichte und Nutzung von Siedlungsstrukturen beschreiben. Gerade die Gebäude- und Infrastruktur entwickelt sich am dynamischsten und ist vielerorts in Menge (30 ha-Ziel) und Lage (Innen- versus Außenbereich, Verkehrsanbindung) häufig nicht konform mit siedlungspolitischen Zielvorstellungen. Hier sind zwingend, ausgehend von den Einzelgebäuden, Kennzahlen und Indikatoren zu entwickeln und regelmäßig kleinräumig zu berechnen. Voraussetzung dafür ist eine vollständige Darstellung des Gebäudebestandes in den grundlegenden Geobasisdaten. Derzeit wird der Gebäudebestand, elementare Informationseinheit für viele Indikatoren zur Siedlungsentwicklung, noch aus der DTK25-V abgeleitet. Wenn der Gebäudebestand, wie im AAA-Modell geplant, sehr genau auf Vektorbasis im neuen ATKIS Basis-DLM oder auf Ras-

terbasis in der DTK25 in neuer Kartengrafik als eigenständiger Layer zur Verfügung steht, wird dieser den Berechnungen im Monitor zugrundegelegt.

Derzeit besteht das Problem, dass die Gebäudeinformation im Grundrisslayer der DTK25-V mit Schrift, Verkehrs-, Vegetations- und Geländesignaturen vermischt ist. Darum müssen die Gebäude aus dieser Kartengrundlage mittels fortgeschrittener Methoden der digitalen Bildverarbeitung herausgefiltert, vektorisiert, vermessen und klassifiziert werden. Dafür werden in einem speziellen Programm SEMENTA® ca. 80 gebäude- bzw. blockbezogene Kennzahlen berechnet, die über einen Entscheidungsbaum die Zuordnung jedes Gebäudes in eine von 7 Nutzungsklassen ermöglicht (Meinel et al. 2008b). Über eine Analyse des Gebäudebestandes innerhalb jedes Baublocks ist dann eine Klassifikation der Baublöcke nach dem vorherrschenden Gebäudetyp möglich.

#### **4 Kennzahlen- und Indikatorensystem**

Der Monitor wird eine Vielzahl von Kennwerten und Indikatoren der Kategorien Siedlung, Freiraum, Landschafts- und Naturschutz sowie Bevölkerung umfassen. Später sollen die Kategorien Verkehr und Stoffe/Energien ergänzt werden. Tabelle 2 zeigt eine Auswahl von Kennzahlen und Indikatoren zur Siedlungs- bzw. Freiraumbeschreibung. Das Indikatorensystem soll auch ausgewählte Indikatoren des Nachhaltigkeitsbarometers Fläche (Siedentop 2007) umfassen, welche für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie entwickelt wurden (siehe auch Beiträge Siedentop und Walz in diesem Band).

Alle Indikatoren sollen zyklisch in hoher räumlicher Auflösung berechnet und vergleichend mit den Vorwerten auch als Trendinformation visualisiert werden.

Grundlage vieler Indikatoren der Siedlungsentwicklung sind Gebäudegrundrisse. Nur durch diese hochauflösende Betrachtung können Fragen nach dem Verhältnis von Bestandsverdichtungen zu Grüne-Wiese-Entwicklungen, nach der Bebauungsdichte und der Brachflächennutzung beantwortet werden. Aufbauend auf den Gebäudegrundrissen werden teilweise baublockscharf Indikatoren, wie die Überbauungs-, die Geschossflächen- und die Gebäudevolumendichte, berechnet. Für diesen Teil kann das im Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung entwickelte Programmsystem SEMENTA® (Meinel 2008b) genutzt werden, welches derzeit weiterentwickelt und im Monitor flächendeckend angewendet werden soll. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Designoptionen und Implementation von Raumordnungsinstrumenten zur Flächenverbrauchsreduktion“, Teil des BMBF-Förderschwerpunktes REFINA, wurde ergänzend

ein Modul SEMENTA-CHANGE in seinen Grundzügen entwickelt und für den Regierungsbezirk Düsseldorf und die Region Hannover erprobt, das eine gebäudebasierte Analyse der Siedlungsentwicklung erlaubt (Meinel et al. 2009). Durch Weiterentwicklung und großflächige Anwendung soll nun ein quantitatives Controlling der Umsetzung planerischer Zielvorgaben der Siedlungsentwicklung ermöglicht werden.

Tab. 2: *Ausgewählte Indikatoren des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung*  
(Quelle: Projektdokumentation IÖR, 2009)

Indikator	Kurzbeschreibung/Beispiele
<b>Siedlungsindikatoren</b>	
Verkehrsfläche	Flächen des Straßen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehrs. Erfolgt im Wesentlichen durch Pufferung der in ATKIS meist nur linienhaft erfassten Verkehrsstrassen.
Industrie- und Gewerbefläche	Eine Differenzierung von Wohnbauflächen, Flächen gemischter Nutzung und Flächen funktionaler Prägung ist wegen der heterogenen Erfassung in den einzelnen Bundesländern nicht sinnvoll.
Freiflächenanteil	Sportanlage, Friedhof, Grünanlage, Freizeitanlage (ohne bauliche Anlagen)
Gebäudedichte	Anzahl Gebäude pro ha Blockfläche
Gebäudegrundflächendichte	Anteil der Gebäudegrundfläche an der Blockfläche (=überbauter Flächenanteil)
Geschossflächendichte	Anteil der Geschossfläche (überbaute Fläche * Geschosszahl) an der Blockfläche
Gebäudevolumendichte	Verhältnis vom Gebäudevolumen zur Blockfläche in m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Wohnungsdichte	Wohnungszahl pro ha Blockfläche
Einwohnerdichte	Einwohnerzahl pro ha Blockfläche
Gebäudebezogene Siedlungsdichte	Einwohner pro Gebäudegrundfläche
Bodenversiegelung	Gebäude- und Straßenfläche/Bezugsfläche
Flächenproduktivität	Bruttowertschöpfung pro Industrie- und Gewerbefläche
Nutzungsdichte	Einwohner und Beschäftigte je ha Gebäudegrundfläche
<b>Freiraumindikatoren</b>	
Freiraumfläche	Gesamtfläche – Siedlungsfläche – Verkehrsfläche
Anteil Schutzgebietsfläche für Natur- und Artenschutz	Nationalparke, Naturschutzgebiete, Flora-Fauna-Habitat-Gebiete und Vogelschutzgebiete (strenger Schutzstatus)
Anteil Schutzgebietsfläche für Landschaftsschutz	Naturparke, Landschaftsschutzgebiete und Biosphärenreservate außerhalb der Gebiete für Natur- und Artenschutz (allgemeiner Schutzstatus)
Naturnähe der Freiräume	Bewertung der Freiräume nach Naturnähe aus Flächennutzung und Wertstufen der Naturnähe
Landschaftszerschneidung	Anzahl unzerschnittener Freiräume; Effektive Maschenweite
Biotopstruktur	Dichte von Landschaftselementen im Offenland
Lärmkorridore	Fläche in abgestuften Lärmbändern und deren Freiraumanteil
Nutzungsdruck auf Schutzgebiete	Gebäudezahl und -fläche in Schutzgebieten; Verkehrsnetz in Schutzgebieten (Grad der Zerschneidung)
Beeinträchtigung von Erholungsgebieten	Anteil die naturnahe Erholung störender Flächennutzungen, Anteil erholungsrelevanter Nutzungstypen in ausgewiesenen Erholungsgebieten

Neben der Siedlungs- wird auch die Freiraumentwicklung durch Indikatoren, wie die Naturnähe der Flächennutzung, der Landschaftszerschneidung, dem Anteil von Siedlungs- und Verkehrsflächen in schutzwürdigen Landschaften, die Entwicklung landschaftsfremder Elemente in schutzwürdigen Landschaften, die Flächeninanspruchnahme in Schutzgebieten, die Durchlässigkeit des Verkehrsnetzes (zur Qualifizierung der Beschreibung unzerschnittener Räume) und die Dichte von Landschaftselementen im Offenland, beschrieben (siehe auch Beitrag Walz in diesem Band).

Um langjährig stabile Zeitreihen – unabhängig von Gebietsstandänderungen – aufzubauen, werden die Indikatoren, neben dem Bezug auf administrative Gebietsflächen, auch für quadratische Rasterzellen verschiedener Größe berechnet (siehe auch Kapitel Grundlagen, Anwendungen und Beitrag Wonka in diesem Band). Dieses soll auch teilräumliche Beurteilungen der Entwicklung, z. B. innerhalb kreisfreier Städte ermöglichen.

## 5 Prozessierung

Die ATKIS-Eingangsdaten müssen vor der Indikatorenberechnung einer Aufbereitung unterzogen werden. Dazu gehört die Eliminierung von Blattschnitten, die Folge der blattschnittweisen Datenaktualisierung seitens der Vermessungsämter ist (Meinel et al. 2008a). Die spätere Berechnung von Verkehrsflächen erzwingt die Überführung der nur linienhaft modellierten Verkehrswege in Flächen. Dieses erfolgt durch Pufferung der linienhaften Verkehrswege mit dem Attribut Breite der Fahrbahn beim Straßenverkehr (BRF) bzw. Breite des Verkehrsweges beim Schienenverkehr (BRV). Für Straßenabschnitte ohne vorliegendem Attributwert (häufig noch bei Gemeindestraßen) wird mit empirisch bestimmten Mittelwerten gearbeitet.

Schwieriger ist der Umgang mit im ATKIS noch vorhandenen Flächenüberlagerungen von Objektarten, die aber mit Überführung in das AAA-Modell im Objektartenbereich „Tatsächliche Nutzung“ behoben werden. Fläche und Häufigkeit derartiger Überlagerungen wurden für alle Bundesländer im Einzelnen bestimmt. In Übereinstimmung mit der Überführung des Basis DLMs in das neue AAA-Modell wird Flächen mit Siedlungsnutzung immer eine Priorität eingeräumt (AdV, Erläuterung zum ATKIS Basis-DLM, S. 45).

Datenumfang und Berechnungsaufwand, der bei der Prozessierung des gesamtdeutschen ATKIS Basis-DLMs geleistet werden muss, verdeutlichen die folgenden Zahlen:



- Datenmenge des ATKIS Basis-DLMs als File-Geodatabase (FGDB): 27 GByte für einen Zeitschnitt für Deutschland
- Verwaltung und Analyse von ca. 60 Millionen Geoobjekten pro Zeitschnitt
- hohe Rechenzeiten (z. B. für Blattschnittbefreiung trotz hochperformanter Rechner eine Woche)

Das Monitoring erfordert darum einen hohen Automatisierungsgrad in der Berechnung realisiert durch Python-Skripttechnik sowie ein differenziertes Qualitätsmanagement. Dabei ist keine Berichtigung von Datenfehlern (z. B. falsche Nutzungsart) oder der Ausgleich von Inhomogenitäten in der Nutzungsartenvergabe in ATKIS geplant, wohl aber im Einzelfall die Kennzeichnung von unplausiblen Extremwerten oder im Indikatorendesign der Verzicht auf manche wünschenswerte Flächendifferenzierung. So musste beispielsweise auf den Indikator Anteil Wohnbaufläche an der Gebietsfläche verzichtet werden, da die Vergabe der Objektart Wohnbau gegenüber der Mischnutzung in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich ausfällt. Im räumlichen Vergleich wären damit Unstimmigkeiten vorprogrammiert.

Das Blockschaltbild von Struktur und Berechnungsablauf im Monitor zeigt die Abbildung 1.

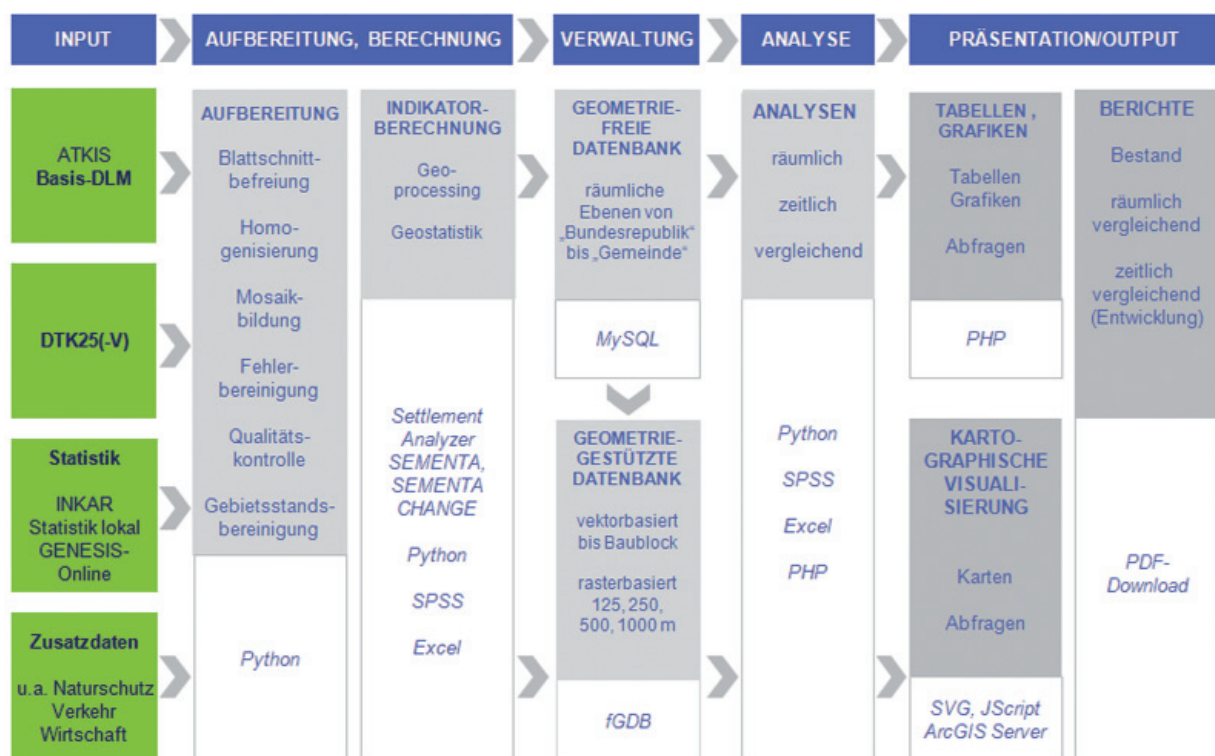


Abb. 1: Struktur des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (Quelle: Projektdokumentation IÖR, 2009)

Der Monitor wird unter Berücksichtigung einschlägiger Standards (OGC) und der europäischen Richtlinie zum Aufbau einer Geodateninfrastruktur (INSPIRE) aufgebaut. Damit ist auch eine standardisierte Metabeschreibung der Daten einschließlich der Öffnung des Metadatenkatalogs und der Daten für eine europaweite Nutzung verbunden.

## 6 Visualisierung

Ergebnisse des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung werden unmittelbar im Internet veröffentlicht. Blickfang der Startseite ist eine Deutschlandkarte mit einem aktuellen Indikator (Abb. 2). Daneben erhält der Leser einen Überblick über Ziele, Datengrundlagen und Realisierung des Monitors.

The screenshot shows the homepage of the 'Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung'. At the top left is the logo of the Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung. The main title 'Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung' is prominently displayed. Below the title is a navigation bar with links for 'Startseite', 'Karten', 'Indikatoren', 'Sitemap', 'Suche', 'Kontakt', and 'Impressum / Copyright'. Underneath this bar are sub-links for 'Information', 'Glossar', and 'Links'. The main content area features three columns of text on the left, a central map of Germany titled 'Aktuelles Thema: Anteil Ortslagenfläche an Gebietsfläche 2006', and a 'News' section on the right with two entries. At the bottom, there are sections for 'Informationswert' and 'Datengrundlagen'.

**Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung**

# Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung

Startseite | Karten | Indikatoren | Sitemap | Suche | Kontakt | Impressum / Copyright

Information | Glossar | Links

Der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung stellt Informationen zur Flächennutzungsentwicklung für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland bereit. Er ergänzt die **amtliche Flächenstatistik des Statistischen Bundesamtes** und die **umweltökonomische Gesamtrechnung** der Statistischen Ämter der Länder um kleinteilige Informationen und qualitative Aspekte der Flächennutzung.

Der Monitor basiert auf der kombinierten Verarbeitung von Geobasis-, Geofach- und statistischen Daten. Regelmäßig und hochauflösend werden wichtige Kennzahlen und Indikatoren der Siedlungs- und Freiraumentwicklung berechnet und veröffentlicht. Damit soll eine detaillierte Bewertung der Flächennutzungsentwicklung, insbesondere hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit, ermöglicht werden.

Mit dem Monitor stellt das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) Analyseergebnisse für Wissenschaft, Verwaltung, Privatwirtschaft und die interessierte Öffentlichkeit bereit. Langfristig sollen die Ergebnisse auch Grundlage für Wirkungsanalysen raumpolitischer Programme und Maßnahmen sein.

**Aktuelles Thema:**  
Anteil Ortslagenfläche an Gebietsfläche 2006

**News**

- XYZ, am x.x.2009 im Übersichtsviewer verfügbar
- XYZ, am x.x.2009 im Detailviewer verfügbar

**Informationswert**  
Der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung ist geprägt durch eine hohe räumliche Auflösung der Basisdaten (Erfassungsmaßstab 1 : 5 000 - 1 : 25 000), regelmäßige Aktualisierung der Kennzahlen und Indikatoren, Bereitstellung von Zeitreihen und Transparenz der Berechnungsmethodik. Die Entwicklung ... [\[mehr\]](#) >>

**Datengrundlagen**  
Der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung basiert auf der kombinierten Verarbeitung amtlicher Geobasis-, Geofach- und statistischer Daten, woraus Kennzahlen und Indikatoren abgeleitet und in Karten-, Grafik-, Tabellen- und

Abb. 2: Startseite des Monitor-Webauftritts (Quelle: IÖR, Oktober 2009)

Wichtigste Aufgabe der Webauftrittes ist es, verschiedenen Nutzergruppen die Bedeutung und die deutschlandweite Ausprägung der für eine ökologische Raumentwicklung relevanten Indikatorenwerte nahe zu bringen. Für das inhaltliche Verständnis der Kennzahlen und Indikatoren stehen Indikatorenkennblätter zur Verfügung, die u. a. die Berechnungsmethodik erläutern (Abb. 3).


Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung in Deutschland			 Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
– Indikatorkennblatt –			
Indikator	Anteil Freiraumfläche an Gebietsfläche	Code	F01RG
Kategorie	Freiraum	Maßeinheit	%
Zeitschnitte	2006, 2008	Bearbeitungsstand des Kennblattes	08.06.2009
<b>Kurzbeschreibung</b>			
Freiraumfläche: Fläche außerhalb des Siedlungs- und Verkehrsraumes			
<b>Bedeutung und Interpretation</b>			
Der Indikator beschreibt den Anteil des Freiraumes in einer Gebietseinheit. Hohe Werte treten in ländlichen Regionen auf; niedrige Werte in Agglomerationsräumen.			
<b>Datengrundlagen</b>			
ATKIS Basis-DLM, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)			
<b>Methodik</b>			
Quotient aus Freiraumfläche (Differenz aus Gebietsfläche einerseits und Siedlungs- und Verkehrsfläche andererseits) und Gebietsfläche (aus dem ATKIS Basis-DLM abgeleitete Fläche für die Verwaltungseinheit der entsprechenden Bezugsebene)			
<b>Verweise (optional)</b>			
- Siedlungs- und Verkehrsfläche			
<b>Bemerkungen (optional)</b>			
Die Freiraumfläche setzt sich zusammen aus Landwirtschaftsfläche (Acker, Grünland, Sonderkultur), Wald- und Forstfläche, Wasserfläche, natürlicher Vegetationsfläche, vegetationsloser Fläche, Brachland und Abbaufäche.			
<b>Bezugsebenen</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Bundesrepublik Deutschland	<input type="checkbox"/> Planungsregionen		
<input checked="" type="checkbox"/> Bundesländer	<input type="checkbox"/> Gemarkungen		
<input checked="" type="checkbox"/> Kreise	<input type="checkbox"/> Raster:		
<input checked="" type="checkbox"/> Gemeinden	<input type="checkbox"/> Andere:		
<b>Quellen / Literatur</b>			
Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV): Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem ATKIS, Objektartenkatalog (ATKIS-OK), Teil D1: Basis-DLM, Version 3.2, Stand 01.07.2003 <a href="http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start4?dst_oar=1000&amp;inf_sprache=deu&amp;c1=1&amp;dst_typ=25&amp;dst_ver=dst&amp;dst_land=ADV">http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start4?dst_oar=1000&amp;inf_sprache=deu&amp;c1=1&amp;dst_typ=25&amp;dst_ver=dst&amp;dst_land=ADV</a>			

Abb. 3: Indikatorkennblatt „Anteil Freiraumfläche an Gebietsfläche“  
(Quelle: Projektdokument IÖR, 2009)

Alle Indikatorwerte der in der Karte gezeigten Gebietseinheiten können in tabellarischer Form einschließlich deren Grundaktualität ausgegeben werden. Zusätzlich werden auch Minimum, Maximum, arithmetisches Mittel und häufigster Wert ausgegeben. Auch die Anzeige der Indikatorwerte der jeweils übergeordneten Gebietseinheiten (z. B. Kreis- und Bundeslandwerte) ist möglich. Die Bewertung der Indikatorenprägung einer beliebig wählbaren Gebietseinheit wird durch Anzeige des Histogramms aller in der Karte gezeigten Gebietseinheit unterstützt.

Für die räumliche Darstellung und Interpretation werden zwei grundsätzlich verschiedene Explorationstiefen angeboten: ein Übersichts-Viewer auf SVG-Ba-

sis unterstützt die Darstellung bis auf Gemeindeebene; ein Detail-Viewer auf Grundlage von Web-GIS die räumliche Analyse in größeren Maßstäben.

## 6.1 Übersichts-Viewer

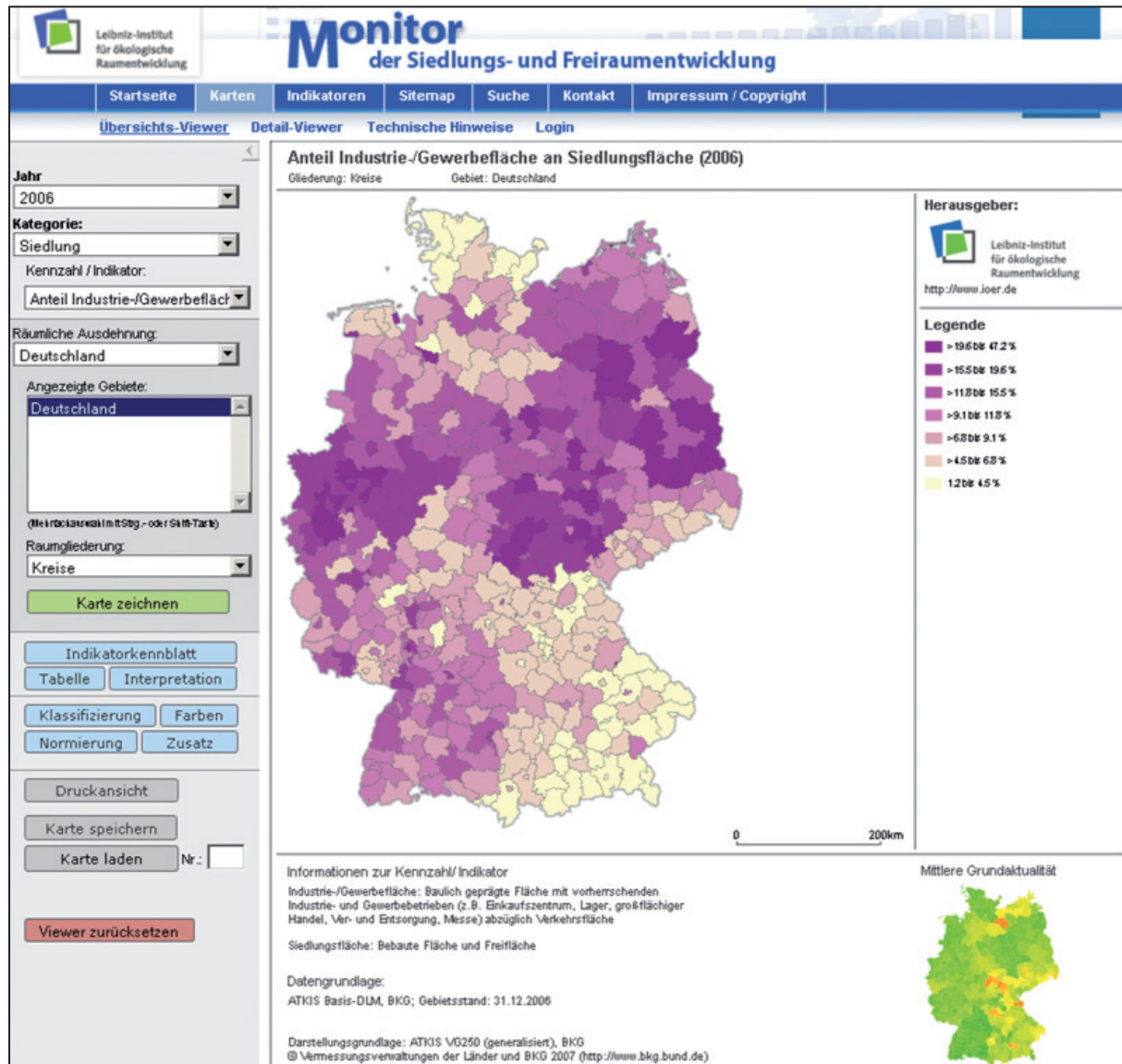


Abb. 4: Der Übersichts-Viewer des Monitor-Webauftritts (Quelle: IÖR, 2009)

Der Übersichts-Viewer (Abb. 4) ermöglicht die sehr einfache Visualisierung der berechneten Indikatoren und Kennzahlen über eine Browser-Oberfläche. Dabei übernimmt ein XHTML-Dokument die Hauptsteuerung. Es ermöglicht die Wahl von Zeit (Jahr), Thema (Kategorie und Indikator) und Raum (Ausdehnung und Raumgliederungsebene). Der Nutzer erhält immer ein sofortiges Feedback über die getätigten Einstellungen und im Viewer-Fenster wird die gewünschte Karte angezeigt. Diese bietet standardmäßig eine optimierte kartographische Darstel-



Die optionale Darstellung von Rasterzellkarten hat viele Vorteile. Sie ermöglichen eine optimale Anpassung an den jeweiligen thematischen Sachverhalt und die gute Vergleichbarkeit der Entwicklung über Raum und Zeit, die bei der Bindung an administrative Gebietseinheiten häufig nicht gegeben ist.

Der Detail-Viewer erlaubt auch die Anwahl eines zweiten Zeitschnittes, was eine bessere Bewertung der räumlichen Entwicklung ermöglicht. Die Indikatordarstellungen können auf Wunsch auch mit Google Maps oder WMS-Diensten kombiniert werden. Dabei werden die üblichen Web-GIS-Funktionalitäten, wie vergrößern, verkleinern, verschieben und Abfragen, unterstützt. Dieser Viewer

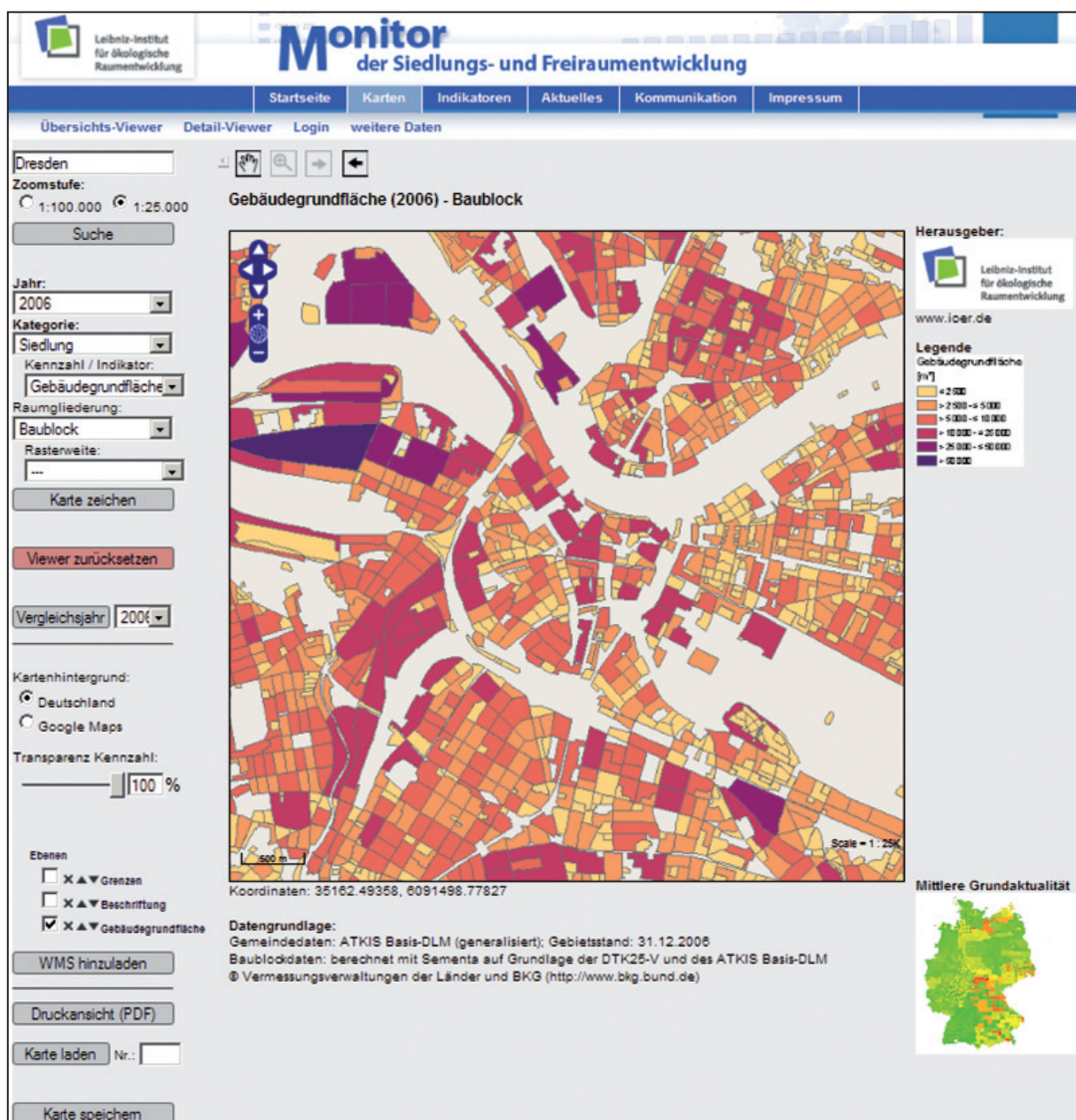


Abb. 5: Detail-Viewer des Monitor-Webauftritts (Quelle: IÖR, 2009)

ist serverseitig auf ArcGIS-Server und clientseitig auf dem Open Source-Produkt OpenLayers (<http://openlayers.org/>) basierend.

Die beiden eingesetzten Viewer bauen auf unterschiedlichen Technologien auf, um einerseits flexibel mit großen Datenmengen umzugehen (Übersichts-Viewer) und andererseits kleinräumige Daten mit hoher Auflösung abzubilden (Detail-Viewer). Damit ermöglichen sie eine der jeweiligen Suchanfrage angepasste räumlich-visuelle Vermittlung der Indikatorenwerte und deren Verwendung durch die Nutzer.

## 7 Anwendung und Ausblick

Die Umsetzung des Monitorkonzepts ist inzwischen fortgeschritten. Noch im Jahr 2009 wird der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung erste Indikatoren im Internet vorstellen. Die Berechnung der Indikatoren ist in zweijährlichem Turnus geplant. Da die Kennzahlen und Indikatoren für alle administrativen Einheiten auch kleinräumig bis zur Gemeindeebene abrufbar sind, wird mit einem breiten Interesse auch von regionalen und lokalen Akteuren gerechnet. Die Berechnung und Visualisierung der Indikatorwerte für Rasterzellen unterschiedlicher Rasterweite soll später auch Differenzierungen innerhalb von Gemeinden ermöglichen, was die Grundlage für intrakommunale Analysen und Vergleiche (z. B. Differenzierung von Stadtgebieten) bietet.

In den nächsten Jahren soll das Informationsangebot sukzessiv um weitere Kennzahlen und Indikatoren ergänzt werden. Zusätzlich sollen durch automationsgestützte Auswertung von Topographischen Karten im Maßstab 1:25.000 auch Indikatoren früherer Zeitstände berechnet werden. Ziel ist letztlich auch die Integration kleinteiliger Prognosen der Wohnbauentwicklung. Dieses aber wird davon abhängen, ob sich die im IÖR entwickelte Prognosemethode, insbesondere der Wohnungsnachfrageentwicklung (Iwanow 2008), zumindest teilweise automatisieren lässt.

## Literatur

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (2008): AFIS – ALKIS – ATKIS. Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok). Erläuterungen zum ATKIS Basis-DLM, Version 6.0.  
<http://www.adv-online.de/icc/extdeu/broker.jsp?uCon=68470b36-de06-8a01-e1f3-351ec0023010&uBasVariantCon=11111111-1111-1111-1111-111111111111>

- Büscher, O; Buck, O.; Lohmann, P.; Hofmann, P; Müller, S., Schenkel, R. (2008): Einsatz von Change Detection Methoden zur Fortführung von DeCOVER Objektarten. In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, H. 5/2008, 395-407.
- DeCOVER (2008): Schlussbericht.  
<http://www.decover.info>
- Dosch, F. (2008): Siedlungsflächenentwicklung und Nutzungskonkurrenzen, Schwerpunkt: Flächennutzungskonflikte – Ursachen, Folgen und Lösungsansätze. In: Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, H. 17(2008)2, 41-51.
- European Commission (2008): INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in Europe. INSPIRE D2.8.1.2. Specifications on Geographical Grid Systems – Draft Guidelines.  
[http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/INSPIRE\\_Specification\\_GGS\\_v2.0.pdf](http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/INSPIRE_Specification_GGS_v2.0.pdf)
- Hecht, R.; Herold, H.; Meinel, G. (2008): Gebäudescharfe Analyse der Siedlungsentwicklung auf Grundlage mittelmaßstäbiger Karten. In: Strobl/Blaschke/Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann, Heidelberg, 11-17.
- Iwanow, I. (Hrsg.) (2008): Struktureller Wandel der Wohnungsnachfrage in schrumpfenden Städten und Regionen. Analyse und Prognose von Wohnpräferenzen, Neubaupotenzialen und Wohnungsleerständen. LIT, Berlin, IX, 224.
- Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H. (2009): 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, Mai 2009, ISSN 1866-6973, University of Goettingen.
- Meinel, G. (2009): Konzept und Struktur eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung. Proceedings der 29. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der DGPF (Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation) Jena. 245-252.
- Meinel, G.; Engel, M.; Kleber, A. (2008a): Prozessierung eines deutschlandweiten ATKIS Basis-DLMs als Grundlage eines Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung. In: Strobl/Blaschke/Griesebner (Hrsg.): Angewandte



- Geoinformatik 2008. Beiträge zum 20. AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann, Heidelberg, 34-40.
- Meinel, G.; Hecht, R.; Herold, H.; Schiller, G. (2008b): Automatische Ableitung von stadtstrukturellen Grundlagendaten und Integration in einem Geographischen Informationssystem. In: BBR-Forschungen, H. 134, Bonn.
- Meinel, G.; Knop, M.; Hecht, R. (2008c): Qualitätsaspekte und Verfügbarkeit digitaler Geobasisdaten in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung des ATKIS® Basis-DLM und der DTK25(-V). In: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, H. 1/2008, 29-40.
- Rat für nachhaltige Entwicklung (RNE) (2008): Welche Ampeln stehen auf Rot? Stand der 21 Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – auf der Grundlage des Indikatorenberichts 2006 des Statistischen Bundesamtes, Berlin.
- Röber, B.; Heinrich, U.; Zölitz, R. (2009): Über die Eignung von ATKIS als topographischer Datensatz für numerische Modelle. In: GIS.SCIENCE, H. 1/2009, 12-18.
- Siedentop, S. (2007): Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele (Nachhaltigkeitsbarometer Fläche). In: Abschlussbericht, BBR-Forschungen, H. 130; Bonn.
- Statistische Ämter der Länder (2008): Fläche und Raum – Analysen und Ergebnisse, Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder.  
<http://www.ugrdl.de>
- Statistisches Bundesamt (2007): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2008): Qualitätsbericht zur Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung – Jährliche Erhebung der Siedlungs- und Verkehrsfläche.  
<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/.../Qualitaetsberichte/.../Siedlverkehrsflaeche,property=file.pdf>
- Umweltbundesamt (UBA) (2004): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr. In: UBA Texte H. 90/03; Berlin.
- Umweltbundesamt (UBA) (2008): Schutz der biologischen Vielfalt und Schonung von Ressourcen – Warum wir mit Flächen sorgsam und intelligent umgehen müssen. Dessau.

## **Autorenverzeichnis**

### **Deggau, Michael**

III E Umweltökonomische Gesamtrechnungen  
Statistisches Bundesamt  
Gustav-Stresemann-Ring 11  
65180 Wiesbaden  
E-Mail: michael.deggau@destatis.de

### **Frie, Britta**

Referat 333 – Gesamtrechnung, Geschäftsbereich Statistik  
Information und Technik Nordrhein-Westfalen  
Grafenberger Allee 114  
40237 Düsseldorf  
E-Mail: ugrdl@lds.nrw.de

### **Hensel, Ralph**

Referat 333 – Gesamtrechnung, Geschäftsbereich Statistik  
Information und Technik Nordrhein-Westfalen  
Grafenberger Allee 114  
40237 Düsseldorf  
E-Mail: ugrdl@lds.nrw.de

### **Meinel, Gotthard, Dr.**

Forschungsbereich Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung  
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.  
Weberplatz 1  
01217 Dresden  
E-Mail: G.Meinel@ioer.de

### **Penn-Bressel, Gertrude**

Fachgebiet I 1.6, Umweltprüfungen und Raumbezogene Umweltplanung  
Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
E-Mail: gertrude.penn-bressel@uba.de

**Schumacher, Ulrich**

Forschungsbereich Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.

Weberplatz 1

01217 Dresden

E-Mail: [u.schumacher@ioer.de](mailto:u.schumacher@ioer.de)

**Siedentop, Stefan, Prof. Dr.**

Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung

Universität Stuttgart

Pfaffenwaldring 7

70569 Stuttgart

E-Mail: [stefan.siedentop@ireus.uni-stuttgart.de](mailto:stefan.siedentop@ireus.uni-stuttgart.de)

**Walz, Ulrich, Dr.**

Forschungsbereich Entwicklung und Management von Landschaften

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.

Weberplatz 1

01217 Dresden

E-Mail: [u.walz@ioer.de](mailto:u.walz@ioer.de)

**Wonka, Erich, Dr.**

Bundesanstalt Statistik Österreich (STATISTIK AUSTRIA)

Guglgasse 13

1110 Wien

Österreich

E-Mail: [Erich.Wonka@statistik.gv.at](mailto:Erich.Wonka@statistik.gv.at)