

Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher (Hrsg.)

Flächennutzungsmonitoring

Konzepte – Indikatoren – Statistik



Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung

**SHAKER
VERLAG**

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)

	Amtliche Flächennutzungsstatistik¹⁾	Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung
Datengrundlage	ALB	ATKIS Basis-DLM und DTK25(-V)
Erhebungseinheit	Flurstück (mit seiner überwiegenden Nutzungsart)	Topographische Geoobjekte nach Objektartenkatalog
Kleinste veröffentlichte Raumeinheit	Kreis, Gemeinde	Gemeinde und Rasterzellen bis 125 m Auflösung
Beschreibung der Flächennutzung	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.)
Eignung für differenzierte Nachhaltigkeitsbewertung	weniger geeignet	geeignet für die Abbildung von Nutzungsstruktur-, Effizienz-, Schutz-, Erhaltungsaspekten
Ergebnisse und Visualisierung	statisch in Tabellen bzw. interaktiven Karten	auch online, interaktiv und dynamisch (SVG- und Web-GIS-basiert)

¹⁾ 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
Siedlungsindikatoren	
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 ³ /m ²
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
Freiraumindikatoren	
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 teilträumliche 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.

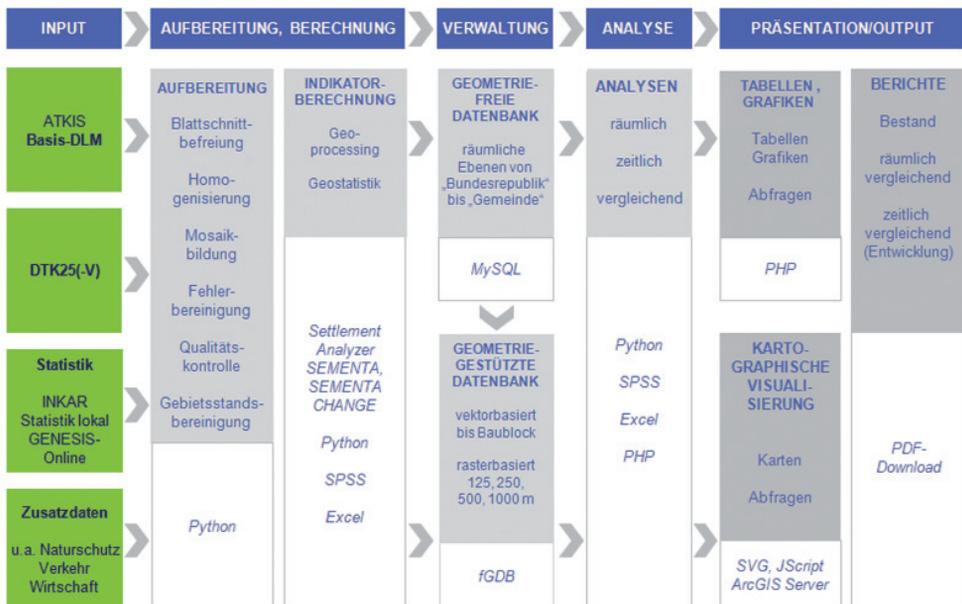


Abb. 1: Struktur des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung
(Quelle: Projektdokumentation IÖR, 2009)

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 menu with links for 'Startseite', 'Karten', 'Indikatoren', 'Sitemap', 'Suche', 'Kontakt', and 'Impressum / Copyright'. Underneath the menu are sub-links for 'Information', 'Glossar', and 'Links'. The main content area features three paragraphs of text on the left, a map of Germany on the right, and a 'News' section with two entries. The map is titled 'Aktuelles Thema: Anteil Ortslagenfläche an Gebietsfläche 2006' and shows a choropleth map of Germany with varying shades of orange and red. The 'News' section contains two entries, each with a green plus icon and a date 'XYZ, am xxx2009', indicating when content was updated.

Abb. 2: Startseite des Monitor-Webauftritts (Quelle: IÖR, Oktober 2009)

Wichtigste Aufgabe der Webauftritts 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
Kurzbeschreibung			
Freiraumfläche: Fläche außerhalb des Siedlungs- und Verkehrsraumes			
Bedeutung und Interpretation			
Der Indikator beschreibt den Anteil des Freiraumes in einer Gebietseinheit. Hohe Werte treten in ländlichen Regionen auf, niedrige Werte in Agglomerationsräumen.			
Datengrundlagen			
ATKIS Basis-DLM, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG)			
Methodik			
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)			
Verweise (optional)			
- Siedlungs- und Verkehrsfläche			
Bemerkungen (optional)			
Die Freiraumfläche setzt sich zusammen aus Landwirtschaftsfläche (Acker, Grünland, Sonderkultur), Wald- und Forstfläche, Wasserfläche, natürlicher Vegetationsfläche, vegetationsloser Fläche, Brachland und Abbaufäche.			
Bezugsebenen			
<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:		
Quellen / Literatur			
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 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			

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 Indikatorenausprägung 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

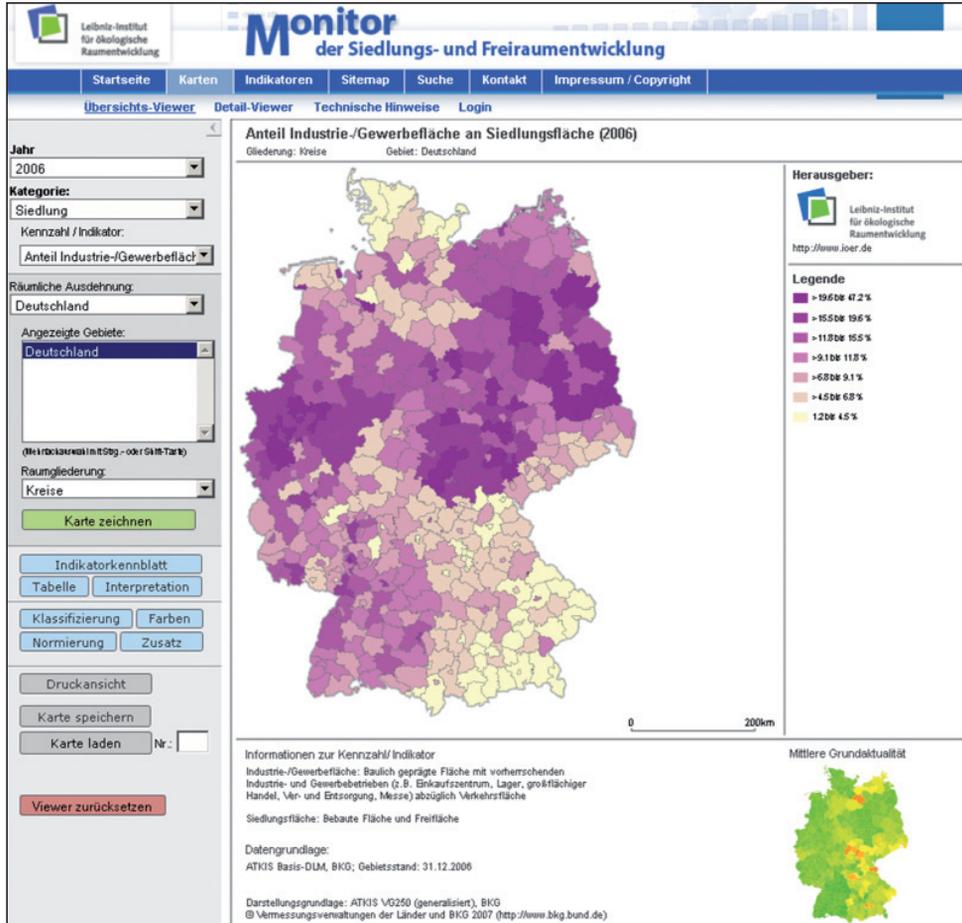


Abb. 4: Der Übersichts-Viewer des Monitor-Webauftritts (Quelle: IÖR, 2009)

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-

lung mit einer auf die jeweilige Werteausprägung angepassten Farbklassifikation. So wird eine gute Differenzierung der räumlichen Einheiten gewährleistet. Entsprechende Schalter öffnen optionale Dialoge zur Modifikation der Klassifizierung, der Normierung bzw. der kartographischen Darstellung (individuelle Farbwahl). Sie ermöglichen Einstellungen zu automatisch kontinuierlichem Farbverlauf, automatisch oder manuell klassifizierten Farbreihen im Kartenbild sowie zur Kartenspeicherung.

Das SVG-Dokument im Kartenfenster vereinigt Geometrie und Attribute. Dabei stammen die Geometriedaten aus dem Datensatz Verwaltungsgrenzen VG250 des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie. Diese Vektordaten im Maßstab 1:250.000 werden generalisiert, in einer PostgreSQL-Datenbank mit PostGIS-Erweiterung abgelegt und auf Abfrage in Echtzeit als SVG-Koordinatensätze exportiert.

Bei Web-Darstellungstechnologien setzte sich zunehmend der W3C-Standard SVG (Scalable Vector Graphics) gegenüber Adobe Flash durch. Gegenüber den großen und unflexiblen Adobe Flash-Dateien bietet das SVG-Konzept mit seiner offenen standardisierten XML-Struktur, die ohne großen Aufwand mit jeder verfügbaren Programmiersprache generiert werden kann, Vorteile. Dafür muss allerdings derzeit die Installation eines Plug-ins beim (proprietären) Browser „Internet Explorer“ in Kauf genommen werden.

Die Attributdaten werden für jedes Berechnungsjahr und jede Raumeinheit skriptgesteuert ermittelt und in einer MySQL-Datenbank gespeichert. Bei Anfrage an den Übersichts-Viewer werden die entsprechenden Attribut- bzw. Indikatorenwerte über den AGS (Amtlicher Gemeindeschlüssel) an die Raumeinheit geknüpft und über eine automatisch generierte Symbolik dargestellt.

Die Funktionalität des SVG-Dokuments erlaubt im Viewer-Fenster das cursorgesteuerte Einblenden von Zusatzinformation, z. B. von Geonamen, bzw. auch die Darstellung einer Nebenkarte, mit der Aktualität der Ausgangsdaten.

6.2 Detail-Viewer

Auf Web-GIS-Technologie basiert ein zweiter Viewer, der hochauflösende Visualisierung von Analyseergebnisse ermöglicht und so eine differenzierte Bewertung auch kleiner Räume erlaubt (Abb. 5). Hier erfolgt die Suchanfrage unmittelbar über die Angabe eines Ortsnamens. Die Indikatorwerte werden in Abhängigkeit der gewählten Raumeinheit (Gemeinde, Baublock oder Raster unterschiedlicher Rasterweite) im Maßstab 1:100.000 oder 1:25.000 ausgegeben.

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

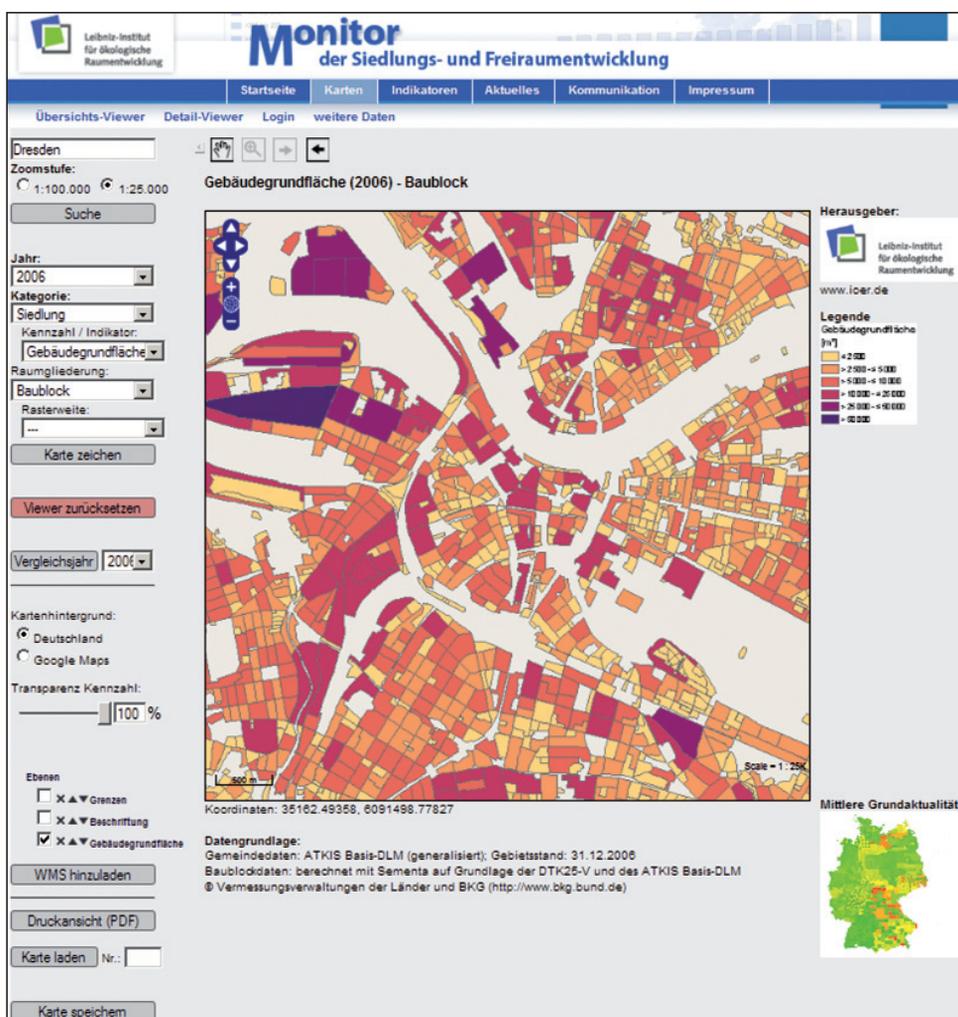


Abb. 5: Detail-Viewer des Monitor-Webauftritts (Quelle: IÖR, 2009)

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
- 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.