

Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher (Hrsg.)

Flächennutzungsmonitoring

Konzepte – Indikatoren – Statistik



Leibniz-Institut
für ökologische
Raumentwicklung

**SHAKER
VERLAG**

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 Raumb Beobachtung 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 Meeresgewässer, 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.

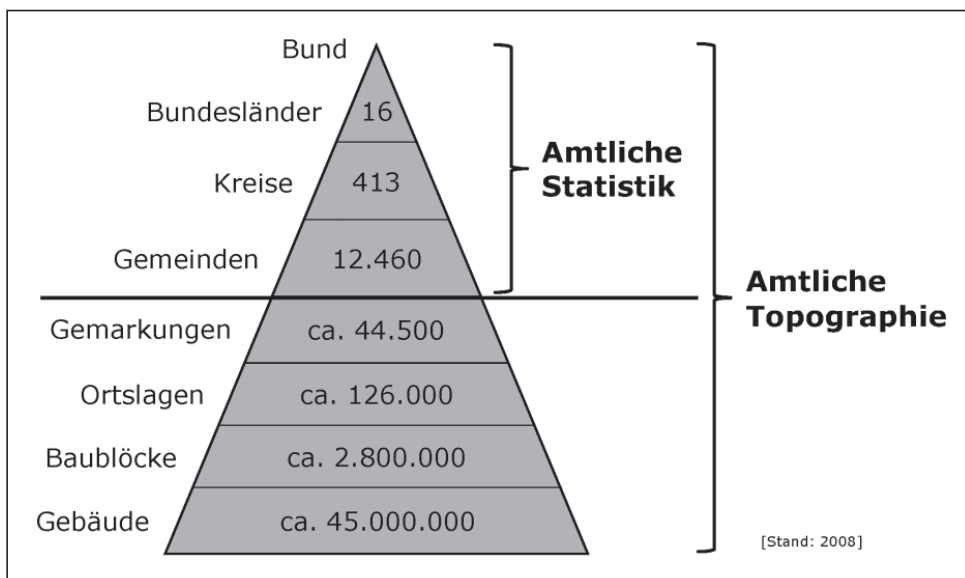


Abb. 1: Raumeinheiten in der Bundesrepublik Deutschland
(Datenquellen: Destatis und BKG, eigene Bearbeitung, IÖR 2009)

- *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 Geoobjekte.

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

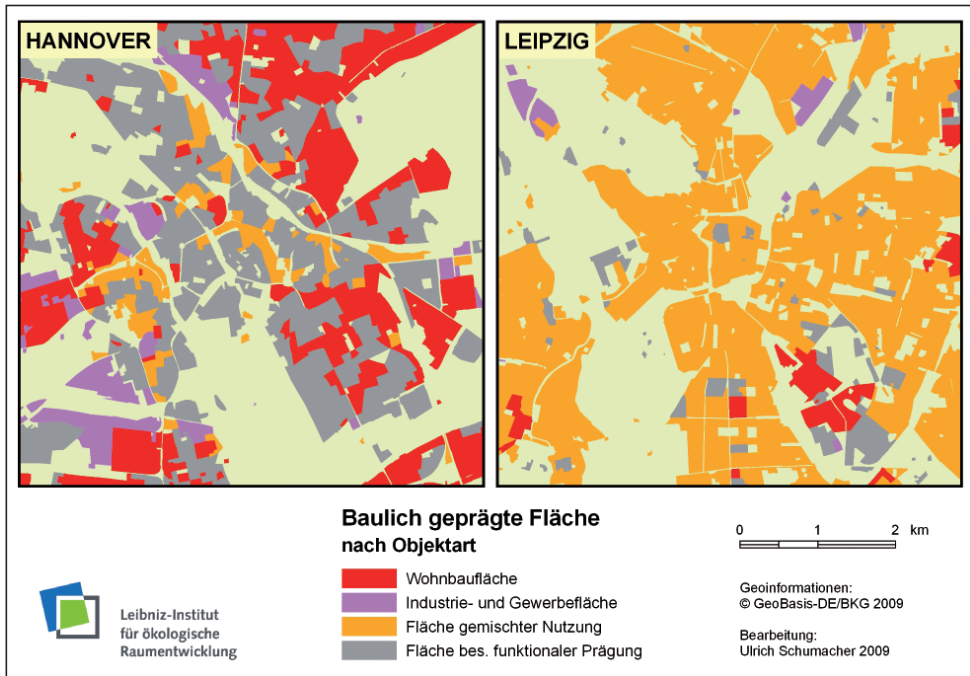


Abb. 3: Landesspezifische Unterschiede bei der ATKIS-Objekterfassung baulich geprägter Flächen in Niedersachsen (Beispiel Hannover) und Sachsen (Beispiel Leipzig)
(Datenquelle: BKG, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher, IÖR 2009)

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.

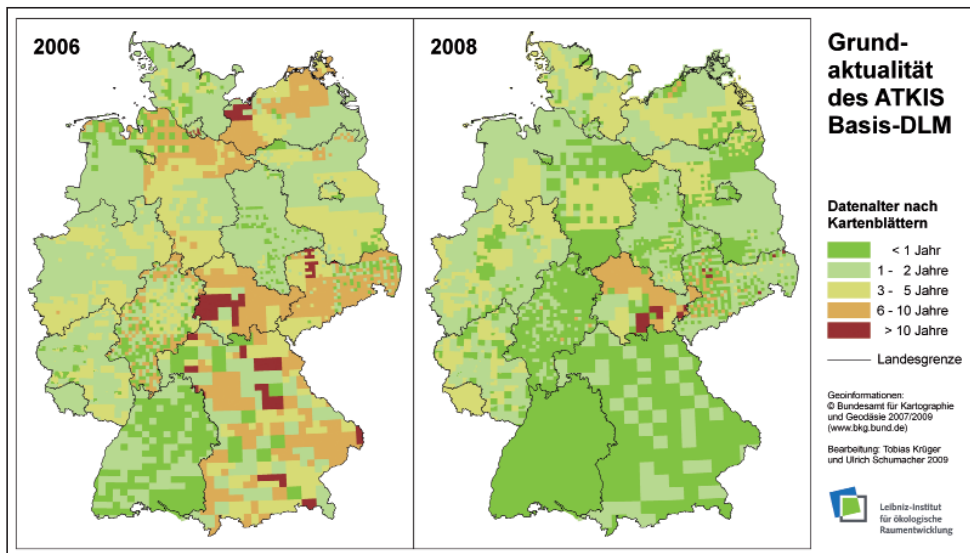


Abb. 4: Grundaktualität des ATKIS-Basis-DLM nach Kartenblättern 2006 und 2008
(Datenquelle: BKG, Bearbeitung/Karte: T. Krüger und U. Schumacher, IÖR 2009)

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										davon			darunter						
		insgesamt	Gebäude- und Freifläche					Betriebsfläche (ohne Abbauland)	Erholungsfläche		Friedhofsfläche	Verkehrsfläche		insgesamt	darunter						
			zusammen	darunter		zusammen			zusammen	darunter		Moor	Heide								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
01	Schleswig-Holstein, Land	2004-12	1576329	188368	106149	64734	8720	3103	12985	7052	1221	64910	58741	1119599	8647	2408	157025	77025	4528		
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	Averlak	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	Bergwöhrden	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,

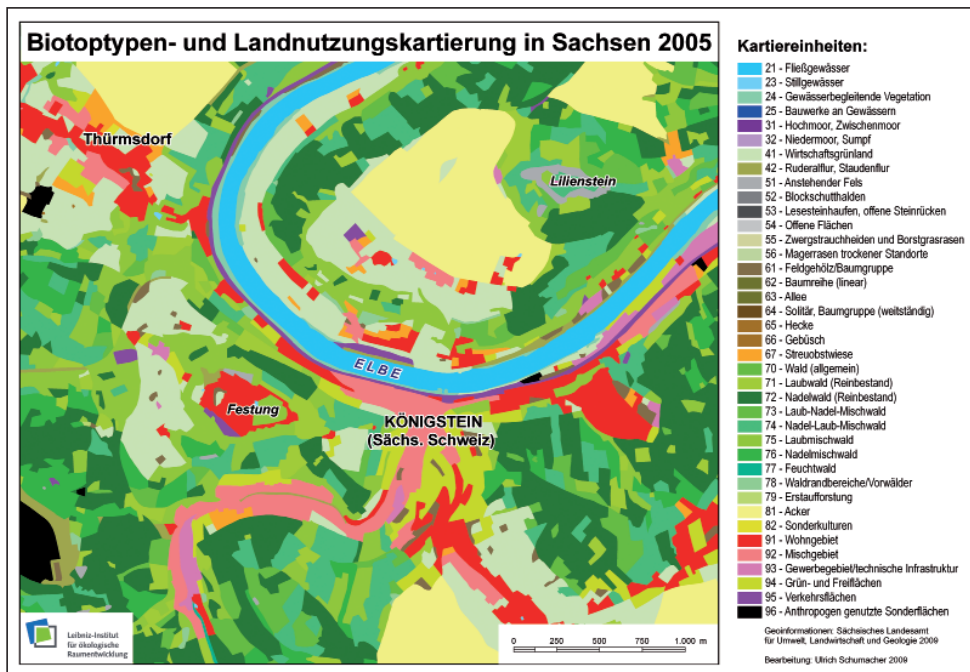


Abb. 5: Biotoptypen- und Landnutzungskartierung 2005 in Sachsen (Ausschnitt aus der Nationalparkregion Sächsische Schweiz)
(Datenquelle: LfULG Sachsen, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher, IÖR 2009)

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 Gemeindeclüssel) 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.

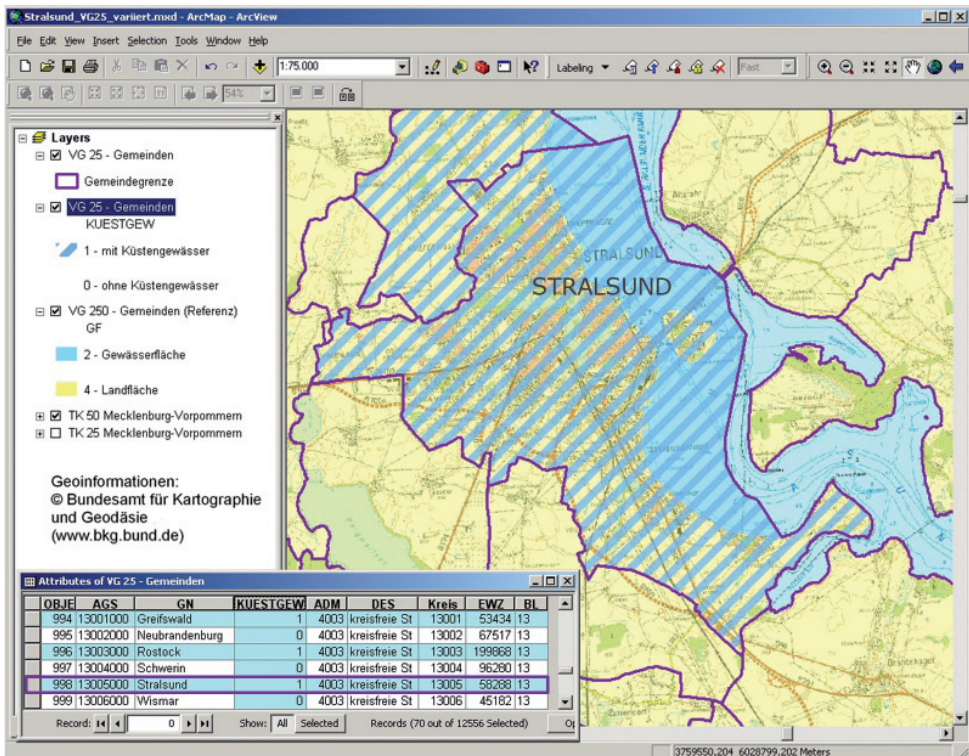


Abb. 6: Administrative Bezugsgeometrie auf Gemeindebasis 1:25.000 mit Anteil Küstengewässer in ArcGIS (Beispiel: Stralsund)
(Datenquelle: BKG, Bearbeitung/Karte: U. Schumacher und S. Witschas, IÖR 2009)

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

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.