



Die Geobasisprodukte Hausumringe und Hauskoordinaten – Charakterisierung und Aufbereitung für Gebäudebestandsanalysen

GOTTHARD MEINEL, Dresden & MANUEL BURCKHARDT, Radebeul

Keywords: Amtliche Geobasisdaten, Hausumringe, Hauskoordinaten, Gebäudegeometrien, Gebäudebestandsanalysen

Zusammenfassung: Obwohl der Gebäudebestand Deutschlands einen sehr hohen wirtschaftlichen Wert darstellt, ist der Informationsbestand zu diesem sehr lückenhaft und ergänzungsbedürftig. So fehlen flächendeckende Informationen zur Gebäudeanzahl und Grundfläche, dem Gebäudetyp, der Geschoszahl und der Nutzung in hoher thematischer und räumlicher Auflösung. Dieses aber sind Grundinformationen, um beispielsweise Energieeinsparungs- und Klimaschutzziele genügend differenziert und regionalisiert in politischen Programmen und Maßnahmen zu untersetzen. Das statistische Datenangebot zum Gebäudebestand hat sich mit den Ergebnissen des Zensus 2011 verbessert, aber bestehende Datenbedarfe nicht vollständig gedeckt. Die AAA-Geobasisprodukte ATKIS und ALKIS werden zwar gemäß ihrer Modellbeschreibung zukünftig zunehmend detaillierte Gebäudeinformationen enthalten. Diese Informationen stehen aber derzeit noch nicht flächendeckend zur Verfügung. Der Beitrag zeigt darum, wie die bereits bundesweit verfügbaren Geobasisdaten „Amtliche Hausumringe“ in Kombination mit „Amtlichen Hauskoordinaten“ genutzt und verarbeitet werden können, um den Gebäudebestand in hoher räumlicher Auflösung zu beschreiben. Dazu werden die Datenprodukte charakterisiert sowie ihre Vorverarbeitung, Bereinigung, Homogenisierung, Differenzierung in Haupt- und Nebengebäude, eine grobe Nutzungsklassifikation und Kennzeichnung der Gebäudetypen erläutert. Der rein geometrische Datenbestand, der durch die regionalisierte Erhebung seitens der Katasterbehörden sehr heterogen ist, eignet sich prinzipiell für Gebäudebestandsanalysen zur Ergänzung statistischer Datenangebote. Allerdings sind Zeitreihenanalysen auf Basis dieser Datenprodukte durch Veränderungen bedingt durch die ALKIS-Migration derzeit noch problematisch.

Summary: *The Digital Basic Geodata Sets “Hausumringe” and “Hauskoordinaten” – Characterization and Pre-processing for Building Stock Analysis.* Although the building stock of Germany has a very high economic value, the related information is limited and requires completion. For instance, area-wide data are missing for the following properties: number of buildings, footprint, building type, number of floors, and usage with a high thematic and spatial resolution. However, this information is needed to successfully take energy saving and climate protecting targets into account in political programs and actions, all with a sufficient level of detail. The results of the 2011 census will improve the statistics of the building stock, but will not fully meet all data requirements. The German AAA basic geodata products ALKIS and ATKIS contain detailed information about buildings according to the model definition. However, those models are not yet area-wide available. Therefore, the article deals with the question, whether the combination of the new digital geodata sets “Amtliche Hausumringe” (administrative building footprints) and “Amtliche Hauskoordinaten” (administrative georeferenced addresses) are suitable for providing information of the building stock and how they have to be processed in order to describe the building stock with a high spatial resolution. The article describes the two data products and explains their pre-processing, correction, homogenization, distinction in main- and auxiliary buildings, as well as classification of uses and building types. To conclude, the German-wide dataset of the geometry of the buildings is suitable for analyses regarding buildings and add-ons to other statistical data. This is true though the data are captured according to slightly different rules caused by the responsibility of the German states (Bundesländer) and thus are not fully homogenous. Currently, time-series analyses based on these data products are heavier influenced by the migration of the former ALKIS-system to the new ALKIS-system which erroneously sometimes causes changes of the data.

1 Problemstellung und Ziel

Der Gebäudebestand Deutschlands stellt einen sehr hohen wirtschaftlichen Wert dar. Die ohnehin bestehenden Herausforderungen zur Erhaltung und Modernisierung des Gebäudebestandes werden nun ergänzt durch Anforderungen zur Energieeinsparung (Energiewende) und zur CO₂-Reduktion (Klimaschutzziele). Dazu werden auf verschiedenen politischen Ebenen zunehmend Programme wie die European Directive Energy Performance of Buildings (EPBD 2010), das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm des Bundes (BMVBS 2010) oder das KfW-Förderprogramm „Energetische Stadtsanierung – Energieeffiziente Quartiersversorgung“ (BMVBS 2012) formuliert, welche über die Gebäudesanierung hinaus teilweise auch städtebauliche Komponenten enthalten. Gemessen an seiner Bedeutung ist das Wissen über den Gebäudebestand, dessen Struktur, z. B. Funktion, Alter, Größe, Form, Anordnung, stoffliche Zusammensetzung, Nutzungsparameter, also Wohnungs- und Bewohnerzahl, Energieverbrauch und Dynamik (Abriss, Neubau, Umnutzung, Sanierung) außerordentlich gering. So verwundert es nicht, dass sich in den letzten Jahren Forschungsaufträge zur Erhebung des Gebäudebestands in Deutschland häufen, u. a. BMVBS (2011), BBSR (2011) und BBSR (2012). Durch die Verknüpfung von Gebäudebestandsdaten mit gebäudetypischen Energiekennzahlen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (BBSR 2011) können Energieverbrauchszahlen sowie Energie- und CO₂-Einsparpotenziale abgeschätzt und Förderprogramme zielgenau aufgelegt werden.

Die bis Mai 2013 einzigen amtlichen Statistikdaten zum Gebäudebestand beruhen auf Fortschreibungen der letzten Gebäude- und Wohnungszählung (GWZ) vom Jahr 1987 (alte Bundesländer) bzw. 1995 (neue Bundesländer). Sie sind daher ungenau und mit der Gemeinde als kleinste räumliche Berichtseinheit für die Beantwortung beispielweise raumwissenschaftlicher oder -planerischer Fragen auch zu grob aufgelöst. Aber planerische Fragestellungen wie zur intrakommunalen Gebäudestrukturverteilung oder zur Bestandsentwicklung in Überschwemmungsgebieten erfordern weitergehende räumliche Differenzierungen

bzw. einen direkten Raumbezug aller Gebäude. Hier bieten sich die in den letzten Jahren vollständig digitalisierten Katasterdaten als Informationsquelle an, die auch den Gebäudebestand in Lage und Grundriss darstellen. So besitzen die Produkte Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) sowie deren Nachfolger, das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) und das Amtliche Kartographisch-Topographische Informationssystem (ATKIS), in der Modellbeschreibung der Objektart Gebäude (31001) auch Attribute zur Bauweise, Gebäudenutzung, Geschosszahl, Baujahr, Grundfläche, Gebäudevolumen und Dachform. Allerdings gehören diese Attribute nicht zum Grunddatenbestand und sind darum sehr lückenhaft. Daher sind diese Datenprodukte für die Erstellung belastbarer, flächendeckender Gebäudebestandsanalysen noch nicht geeignet. Vorerst ist darum die Nutzung bestehender Gebäudegeometrien angezeigt. Als sehr hilfreich erweist sich dabei die Auskopplung der Gebäudegrundrisse und der Adresskoordinaten der Liegenschaftskarte in den Produkten amtliche Hausumringe (HU) bzw. amtliche Hauskoordinaten (HK). Der Beitrag verfolgt das Ziel, den Informationsgehalt dieser beiden Datenprodukte zu prüfen, die Daten operationell für die gesamte Bundesrepublik aufzubereiten, soweit wie möglich zu homogenisieren, die Geometriedaten mit semantischen Informationen wie Haupt-/Nebengebäude, Gebäudenutzung und -typ anzureichern sowie die Belastbarkeit der Daten für Gebäudebestandsanalysen zu beurteilen.

Sollen diese auf Grundlage von Vermessungsdaten die amtliche Statistik ergänzen, muss der Gebäudebegriff der amtlichen Statistik berücksichtigt werden: *„Als einzelnes Gebäude gilt bei zusammenhängender Bebauung jedes Gebäude, das durch eine vom Dach bis zum Keller reichende Brandmauer von anderen Gebäuden getrennt ist. Ist keine Brandmauer vorhanden, so gelten die zusammenhängenden Gebäudeeinheiten als einzelne Gebäude, wenn sie ein eigenes Erschließungssystem (eigener Zugang und eigenes Treppensystem) besitzen und für sich benutzbar sind.“* (DESTATIS 2012). Dieses ist bei der späteren Aufbereitung der Gebäudegeometriedaten von besonderer Bedeutung, da häufig gereichte Gebäude (Doppelhäuser, Reihenhäuser,

Zeilenbauten) als Gebäudeverband und nicht als Einzelgebäude modelliert wurden, was zu einer erheblichen Verfälschung von Gebäudebilanzen führen würde (falsche Gebäudezahl und -typisierung).

2 Datenbeschreibung

Seit 2010 werden die Geobasisprodukte amtliche Hausumringe und amtliche Hauskoordinaten, auch georeferenzierte Adressdaten genannt, von der Zentralen Stelle für Hauskoordinaten, Hausumringe und 3D-Gebäudemodelle (ZSHH) der Bezirksregierung Köln für länderübergreifende oder bundesweite Untersuchungen angeboten. Die Nutzung dieser Datensätze für deutschlandweite Analysen hat gegenüber der Verwendung der ALK bzw. ALKIS viele Vorteile: Sie sind flächendeckend vorhanden, wesentlich preiswerter und in einem einheitlichen Raumbezug verfügbar. Das Manko fehlender Attributwerte wiegt an-

gesichts der großen Unterschiede im Erfassungsstand und wegen bestehender Länderspezifika bei ALK und ALKIS nicht schwer.

Die ZSHH übernimmt jeweils zum 1.4. eines Jahres die Daten der Länder, homogenisiert sie (Georeferenzierung, Datenformat) und gleicht die georeferenzierten Adressdaten mit Postdatenbeständen ab. Datenfehler werden den Datenlieferanten mitgeteilt, nicht aber erhoben. Diese Produkte werden mit einem einheitlichen Gebühren- und Lizenzmodell sowie Datenformat vertrieben, was erstmals bundesweite Untersuchungen ermöglicht. Die Produktabgabe erfolgt in einer einheitlichen Georeferenzierung (UTM/ETRS89, DHDN/GK oder geografischen Koordinaten). Eine detaillierte Beschreibung der Datensätze findet man in ZSHH (2012).

Die beiden Datenprodukte sind aus der Automatisierten Liegenschaftskarte ALK (in Bayern der Digitalen Flurkarte) bzw. dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) abgeleitet. Die Quelle ist

Tab. 1: Dezentrale Führung des Liegenschaftskatasters – Quelle der Geobasisprodukte Hausumringe und Hauskoordinaten (Quelle: Internetseiten der Landesbehörden, Stand: 10/2012).

Bundesland	Organisation des Liegenschaftskatasters	Zahl datenführender Katasterämter
Brandenburg	kommunal (Katasterämter)	18
Berlin	Bezirksämter	12
Baden-Württemberg	Landkreise	60
Bayern	Vermessungsämter	51
Bremen	zentral	1
Hessen	untere Behörden	7
Hamburg	zentral	1
Mecklenburg-Vorpommern	Landkreise	8
Niedersachsen	Örtliche Dezernate	50
Nordrhein-Westfalen	Landkreise	31
Rheinland-Pfalz	kommunal (Katasterämter)	19
Schleswig-Holstein	untere Behörden	5
Saarland	zentral	1
Sachsen	Landkreise	13
Sachsen-Anhalt	untere Behörden	4
Thüringen	untere Behörden	8
Deutschland gesamt		289

damit das amtliche Verzeichnis aller Flurstücke und Gebäude in Deutschland. Diese sind in der ALK in der Regel durch individuelle Vermessung vor Ort erfasst und verfügen meist über eine hohe geometrische Genauigkeit (mittlere Lagetreue: $\pm 0,5$ m). Hausumringe beschreiben georeferenzierte Umringpolygone von Gebäudegrundrissen ohne Dachüberstand und ohne unterirdische Gebäude und sind der ALK-Folie 011 entnommen, in einigen Bundesländern auch ergänzt durch photogrammetrisch erfasste Gebäude. Die Hausumringe stellen reine Geometriedaten ohne jegliches Sachattribut dar.

Die Hauskoordinaten beschreiben die räumliche Position der ca. 21 Millionen Gebäude mit postalischer Adresse in Deutschland. Jedes Gebäude besitzt eine eindeutige ID, ein lagebezogenes Qualitätsattribut (Kapitel 3.1), die Verwaltungszugehörigkeit, Schlüssel für Land, Regierungsbezirk, Kreis, Gemeinde, Orts- bzw. Gemeindeteil sowie die amtliche Adresse mit Straßennamen, Hausnummer, Postleitzahl und postalischem Orts- und Ortsteilnamen.

Auch wenn die ALK und das ALKIS durch die AdV modellseitig bundesweit definiert und landesweit einheitlich, wenn auch spezifisch, geregelt ist, führt die dezentrale Datenerhebung in derzeit 289 (Oktober 2012) regionalen Katasterbehörden (Tab. 1), die immer wieder auch Umstrukturierungen und Zugehörigkeitsveränderungen erfahren, zu einer erheblichen Heterogenität der Daten. Unterschiede in der Vollständigkeit, Aktualität und Modelltreue der Daten sind wohl neben der sehr unterschiedlichen Ressourcenausstattung der Behörden (Personal, Technik, Vernetzung) auch auf die Historie der Liegenschaftskarte zurückzuführen. Nicht nur die Bezugssysteme waren uneinheitlich, auch die Erfassungskriterien von Gebäuden, insbesondere deren Mindestgröße. In den ostdeutschen Ländern wurde zudem die Führung des Gebäudebestandes im Kataster nach 1945 nicht so konsequent verfolgt wie in den alten, da es keine Gebäudeeinmesspflicht gab. So ist noch heute der Gebäudebestand der ALK und damit auch der Hausumringe in einigen neuen Bundesländern lückenhaft (Kapitel 3). Zur Komplettierung des Gebäudebestandes wurden seitens der Vermessungsbehörden unter-

schiedliche Ansätze verfolgt: Vermessung der fehlenden in diesem Zeitraum errichteten Gebäude durch die Katasterämter, Gebäudeergänzungen durch Ortholuftbildkartierung oder generelle photogrammetrische Gebäudeerfassung unter Aufgabe der Einmesspflicht. Letztlich hängt die Vollständigkeit und Aktualität der Gebäudeerfassung und damit die Qualität des Datensatzes von der konsequenten Durchsetzung der Einmessungspflicht der Gebäudeeigentümer ab.

Die Grundlage der im Folgenden beschriebenen Datenanalyse bildet ein bundesweiter Datensatz der Hausumringe und der Georeferenzierten Adressdaten Bund (GAB), der vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie im Oktober 2011 bezogen wurde und je nach Bundesland eine Datenaktualität zwischen 01/2011 – 06/2011 aufweist. Der nach Bundesländern gegliederte ArcGIS-Shape-Datensatz (GK3, Ellipsoid Bessel, Datum Potsdam) umfasst ca. 49 Millionen Geobjekte mit einem Speichervolumen von 10 GB. Die Daten wurden in eine FileGeodatabase (FGDB) getrennt nach Bundesländern konvertiert.

3 Prüfmethodik und Ergebnisse

Die Prüfmethodik orientiert sich an dem Ziel, erstmals Vermessungsdaten zur Erstellung von Gebäudebestandsanalysen zu nutzen. Die Daten müssen darum hinsichtlich der Gebäudeanzahl und -grundfläche bis zur Gemeindeebene verlässliche Angaben ermöglichen. Dieses betrifft insbesondere die Vollständigkeit der Gebäudeerfassung und die Aufteilung von Gebäudeverbänden in Einzelgebäude. Auch sollte eine Unterscheidung in Haupt- und Nebengebäude und Angaben zur Hauptnutzung ermöglicht werden. Kleinere Lageverschiebungen (< 1 m) sind unkritisch, größere Lageverschiebungen sind dagegen bei zeitlichen Vergleichen des Gebäudebestandes problematisch.

Zuerst erfolgte eine visuelle Kontrolle der Gebäudemodellierung durch Überlagerung der Hausumringe und Hauskoordinaten mit Referenzdaten. Die Gebäudemodellierung wurde dabei hinsichtlich Generalisierungsgrad, Auftrennung in Einzelgebäude, Lagetreue und Lagevergleich zum Adresspunkt

überprüft. Diese stichpunktartig durchgeführten Untersuchungen wurden unter Nutzung der Geodienste des Bundes *Digitale Orthophotos* (wms-dop) und *ATKIS Basis-DLM* (wms-bdlm) für jedes Bundesland separat und jeweils ausgewählte städtische sowie ländliche Gebiete durchgeführt (Tab. 2). Durch gemeinsame Visualisierung und Verschneidung der Hausumringe und -koordinaten konnten Rückschlüsse auf die Vollständigkeit der Hausumringe gezogen werden. Dabei offenbarte sich ein Lageversatz der Hausumringe in einigen Bundesländern, der letztlich auf Datentransformationen zwischen den datenliefernden Einrichtungen und dem ZSHH bzw. dortigen internen Transformationen zurückzuführen war. Offene Fragen wurden, wenn möglich, mit den jeweiligen datenführenden Stellen diskutiert, um ggf. systematische Probleme aufzudecken.

3.1 Prüfergebnis Georeferenzierte Adressdaten Bund (Hauskoordinaten)

Hauskoordinaten sind für die Prüfung der Hausumringdaten aber auch die spätere Analyse des Gebäudebestandes äußerst hilfreich.

Sie ermöglichen beispielweise die Auftrennung von Gebäudeumringen gereihter Häuser, wenn diese entgegen der Modellvorschrift nur als Gebäudeverband modelliert wurden. Auch ermöglichen sie die Differenzierung des Gebäudebestandes in Haupt- und Nebengebäude, da nur erstere über eine postalische Adresse (= Hauskoordinate) verfügen. Hauskoordinaten sind meist aktueller als Hausumringe, da sie bereits vor der Errichtung bzw. Einmessung des Gebäudes vergeben werden. Allerdings obliegt die Vergabe der Hausadressen den Kommunen, so dass Unterschiede in der Vergabepaxis der Hauskoordinaten bekannt sind. Der Adressdatenbestand wird in dem Datenangebot des ZSHH seit 2012 durch die Deutsche Post Direkt GmbH mit postalischen Informationen sowie aktuellen Adressveränderungen ergänzt, die durch die Länder kontrolliert und im ZSHH zusammengeführt werden.

Die Lagetreue jeder Hauskoordinate kann dem Datenattribut Qualität („Quali“) entnommen werden. Der Attributwert A verweist auf eine sichere Adresse innerhalb des Hausumrings, Attributwert B auf ein vorhandenes aber noch nicht eingemessenes Gebäude innerhalb des Flurstückes und Attributwert R auf ein noch nicht sicher vorhandenes Ge-

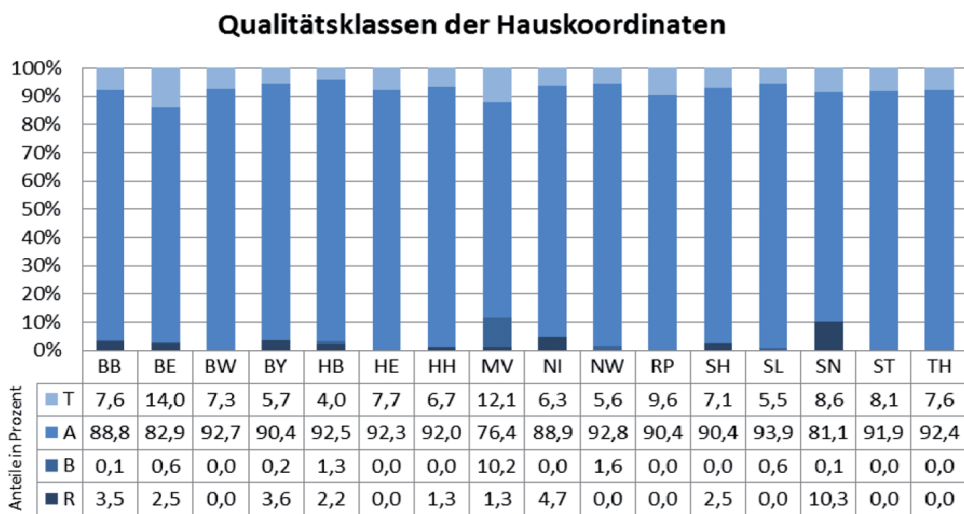


Abb. 1: Qualitätsklassen der Hauskoordinaten der Bundesländer (Quelle: eigene Bestimmung) (Herkunft bzw. Lagetreue der Hauskoordinate: T = Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas), A = sichere Adresse, B = vorhandenes, aber noch nicht eingemessenes Gebäude, R = noch nicht sicher vorhandenes Gebäude).

Tab. 2: Vollständigkeit der Hausumringe, visuelle Abschätzung durch Karten- und Luftbildvergleich (BURCKHARDT 2012).

Bundesland	Koordinaten von nicht eingemessenen Gebäuden ¹		Anteil fehlender HU in % ²	Problembeschreibung	Hausumringe vollständig
	Anteil in %	Bedeutung			
BB	4	Reservierungskordinaten, nicht eingemessene Gebäude	< 1	einzelne Gebäude fehlen	ja
BE	4	Reservierungskordinaten, nicht eingemessene Gebäude	< 1	einzelne Gebäude fehlen	ja
BW	0	--	< 1	wenige nicht eingemessene Gebäude ohne Adresskoordinate	ja
BY	4	Reservierungskordinaten	< 1	wenige nicht eingemessene Gebäude ohne Adresskoordinate	ja
HB	4	wenige Reservierungskordinaten, viele im Umring ³	< 1	einzelne Gebäude fehlen	ja
HE	0	--	0	kein fehlender Umring gefunden	ja
HH	1	Reservierungskordinaten	0	kein fehlender Umring gefunden	ja
MV	13	Reservierungskordinaten, >90% nicht eingemessene Gebäude	10–15	Hausumringe nicht vollständig , nicht eingemessene Gebäude meist mit Koordinate (R) versehen, wenige Fehlende Gebäude ohne Koordinate	nein
NI	5	Reservierungskordinaten, einige im Umring ³	< 1	einzelne Gebäude fehlen	ja
NW	2	Reservierungskordinaten, wenige nicht eingemessene Gebäude	< 1	einzelne Gebäude fehlen	ja
RP	0	--	< 1	einzelne Gebäude fehlen, nicht eingemessene Gebäude ohne Adresskoordinate	ja
SH	3	Reservierungskordinaten	< 1	einzelne Gebäude fehlen	ja
SL	1	Reservierungskordinaten, z.T. doppelt vorhanden (Qualität A+B)	< 1	einzelne Gebäude fehlen	ja
SN	11	Reservierungskordinaten, >90% nicht eingemessene Gebäude	10–15	Hausumringe nicht vollständig , nicht eingemessene Gebäude besitzen meist eine Koordinate (R), zusätzlich einige fehlende Gebäude ohne Hauskoordinate,	nein
ST	0	--	< 1	einzelne Gebäude fehlen, nicht eingemessene Gebäude ohne Adresskoordinate	ja
TH	0	--	< 1	Reservierte Koordinaten vorhanden, aber als „A“ gekennzeichnet	ja

¹ Koordinaten der Qualität R und B
² nach visueller Abschätzung
³ Begründung: Aktualitätsdifferenz der Datensätze (HK 2010, HU 2011), in der Zwischenzeit ist Erfassung der Gebäude erfolgt

bäude innerhalb des Flurstücks. Während die Vergabe des Attributs A in den meisten Fällen korrekt erfolgt, wird die Zuweisung der Attribute B bzw. R sehr unterschiedlich gehandhabt. Sie kennzeichnen Koordinaten von Gebäuden, die nicht sicher in der Örtlichkeit vorhanden sind, und für künftige Bauvorhaben reservierte Koordinaten. Das Attribut T (nur bei dem BKG-Datenprodukt GAB) zeigt Hauskoordinaten vom Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas) an, die den amtlichen Datensatz ergänzen. Die Untersuchungen ergaben, dass die ergänzten Adressdaten (ca. 7 %) redundant und in der Lagetreue problematisch sind, so dass diese in die weiteren Untersuchungen nicht einbezogen wurden. Wie die Analysen zeigten, liegt der Anteil lagetruener Adresskoordinaten bzgl. der Hausumringe (Quali = A) bei etwa 90 %, nur die Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern (76,4 %) und Sachsen (81,1 %) weisen deutlich geringere Werte auf (Abb. 1).

3.2 Prüfergebnis Hausumringe

Auch wenn durch laufende Fortführung des Katasters von einer tagaktuellen Führung gesprochen wird, dauert die Erfassung eines Gebäude Neubaus in der ALK bzw. dem ALKIS und somit auch in dem Produkt Hausumringe selbst bei fristgerechter Einmessung oft ein Jahr und mehr. Dieses bedingt in Gebäudebestandsanalysen immer einen verfahrensbedingten Aktualitätsverlust in dieser Größenordnung. Tatsächlich sind die Inaktualitäten wesentlich größer, wenn das Kataster historisch bedingt Lücken im Gebäudebestand aufweist, wie dieses in Ostdeutschland noch teilweise der Fall ist.

Die Überprüfung der Vollständigkeit der Hausumringe gestaltet sich angesichts fehlender Referenzgeometrien als schwierig. In den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen wurde wegen der größeren Lücken im ALK/ALKIS-Gebäudebestand der photogrammetrisch erhobene Gebäudebestand aus dem ATKIS Basis-DLM für den Vergleich herangezogen, weil dieses den Gebäudebestand wesentlich aktueller und vollständiger abbildet. Die Ergebnisse der stich-

probenartigen Vollständigkeitskontrolle der Hausumringe, die insbesondere im Umfeld von Hauskoordinaten der Qualitätsattribute B (Gebäude innerhalb Flurstück) und R (nicht sicher vorhanden) erfolgte, zeigt Tab. 3.

Verfahrensbedingt erfolgt die Gebäudegrundrisserfassung im Kataster immer mit zeitlichem Verzug und erst nach der Hauskoordinatenerfassung. Darum sind fehlende Hausumringe in der Größenordnung bis 1 % normal. Als unvollständig erwies sich der Gebäudebestand der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen, wo mindestens 13 % bzw. 11 % der Gebäude in den Hausumringdaten fehlten. Allerdings sind auch innerhalb der Bundesländer Unterschiede feststellbar. Durch die bessere Ressourcenausstattung mit Personal und Technik sind die Gebäudedaten größerer Städte in der Regel vollständiger als die ländlicher Gebiete. Während beispielsweise der Gebäudebestand in Dresden vollständig abgebildet wird, gibt es in ländlichen Regionen Sachsens noch teilweise große Lücken. In Mecklenburg-Vorpommern fehlen in einigen Gemeinden bis zu 65 % des Gebäudebestandes!

Auch die Modelltreue wurde geprüft, da diese die spätere Gebäudebestandsanalyse signifikant beeinflusst. Die Gebäudemodellierung wurde in der GeoInfoDok durch die AdV wie folgt festgelegt: *„Um Teile eines Gebäudes unterschiedlich attributieren zu können, sind mehrere ‘Gebäude’ zu bilden, sofern kein Bauteil angelegt werden kann. Wenn Differenzierungen innerhalb eines Gebäudes vorzunehmen sind (z. B. bei Gebäuden mit vertikaler Gliederung), sind diese als ‘Bauteile’ modelliert.[...]“* (AdV 2008).

Die Datenprüfung ergab, dass der deutschlandweite Datenbestand erhebliche Modellierungsdifferenzen, insbesondere bei komplexen Gebäuden mit angrenzenden Nebengebäuden und Bauteilen, aufweist. So werden die Gebäude Hessens beispielsweise besonders kleinteilig modelliert, in Sachsen dagegen stark generalisiert. In Hessen muss für Gebäudebestandsanalysen durch die Zusammenfassung von Gebäudeteilen eine Homogenisierung erfolgen. Ein weiteres Problem stellt die Modellierung von Gebäudeverbänden dar, die oftmals nicht als Einzelgebäude sondern als Gesamtumring modelliert wurden

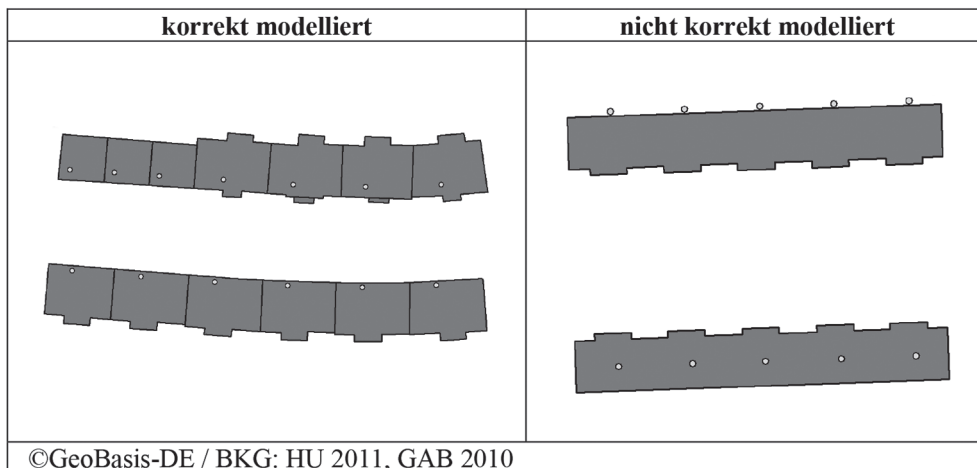
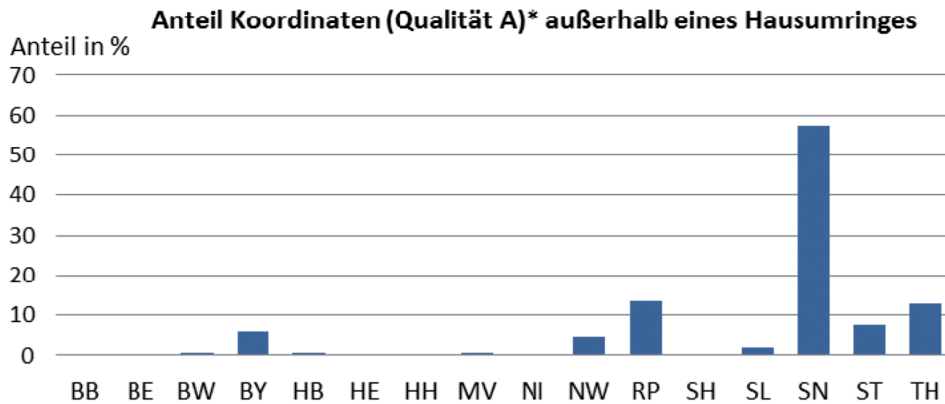


Abb. 2: Modellierungsunterschiede von Gebäudeverbänden, Problemfälle rechts. Rechts oben: Hauskoordinate liegt außerhalb des Gebäudes, rechts unten: ein Gebäude besitzt mehrere Hauskoordinaten.

Tab. 3: Modellierung von (Wohn-)Gebäudeverbänden in ausgewählten Städten (BURCKHARDT 2012).

Brandenburg	Cottbus	4	Potsdam	4	Brandenburg	4	Oranienburg	4
Berlin	diverse Stadtteile	4						
Baden-Württemberg	Stuttgart	1	Karlsruhe	1	Göppingen	1	Heilbronn	1
Bayern	Nürnberg	3	Bayreuth	1	Augsburg	2	München	2
Bremen	Bremen	4	Bremerhaven	3				
Hessen	Frankfurt	3	Kassel	3	Wiesbaden	2	Marburg	4
Hamburg	diverse Stadtteile	3						
Mecklenburg-Vorpommern	Rostock	4	Greifswald	4	Neubrandenburg	4		
Niedersachsen	Braunschweig	1	Hannover	3	Oldenburg	3	Emden	3
Nordrhein-Westfalen	Dortmund	3	Bielefeld	3	Köln	3	Mönchengladbach	1
Rheinland-Pfalz	Mainz	3	Ludwigshafen	2	Kaiserslautern	1	Koblenz	2
Schleswig-Holstein	Kiel	1	Lübeck	1	Flensburg	1	Neumünster	1
Saarland	Saarbrücken	3	Neunkirchen	4				
Sachsen	Dresden	1	Leipzig	4	Chemnitz	3	Zwickau	4
Sachsen-Anhalt	Magdeburg	1	Halle	1	Dessau	1	Stendal	1
Thüringen	Erfurt	4	Gotha	4	Jena	4		
1 korrekt modelliert 2 korrekt (mit wenigen Ausnahmen) 3 inkonsistent modelliert 4 falsch modelliert								



*Definition: Koordinate sicher in Gebäudefläche

Abb. 3: Anteil Kleinstgebäude am Gesamtbestand.

(Abb. 2). Das Verfahren zur Gebäudeaufteilung wird in Kapitel 4 beschrieben.

Die visuelle Bewertung der Modelltreue für ausgewählte Städte (Tab. 3) zeigt die großen Unterschiede zwischen den Bundesländern, z. B. zwischen Baden-Württemberg und Brandenburg, aber auch innerhalb der Bundesländer (Hessen, Niedersachsen, Bayern).

Hierbei ist allerdings nicht auszuschließen, dass teilweise ursprünglich vorhandene Gebäudetrennlinien der ALK-Gebäude bei der Transformation in die Hausumringe verloren gingen, wie einige Datenanbieter mitteilten. Letztlich wird auch die Erfassung von Kleinstgebäuden (< 10 m² wie Kleingartenhäuschen) sehr unterschiedlich gehandhabt, was deren stark unterschiedlichen Anteil am Gesamtgebäudebestand der Bundesländer (Abb. 3), aber auch regionale und lokale Differenzen zeigen.

Bezüglich der Lagegenauigkeit, die nach Metadatenbeschreibung bei den Hausumringen bei +/-0,5 m liegen soll, mussten durch den Vergleich mit Hauskoordinaten systematische Lageversätze um ca. 2,5 m in Bayern, NRW, Rheinland-Pfalz und Sachsen festgestellt werden. Diese sind überwiegend auf Fehler bei der Transformation aus dem jeweiligen Landesbezugssystem in das GK3, in dem die Daten bezogen wurden, zurückzuführen.

4 Korrekturmethodik

Die Prüfung der Datenbestände erbrachte, dass Fehlerberichtigungen, Homogenisierungen, Modellkorrekturen, Klassifikationen und Attributergänzungen erforderlich sind, bevor die Hausumringe und -koordinaten Grundlage einer Gebäudebestandsanalyse werden können. Den groben Ablauf der automatisierten Aufbereitung der Gebäudegeometriedaten HU und HK für nachfolgende Gebäudebestandsanalysen zeigt Abb. 4.

Die Gebäudeauftrennung von ungeteilten gereihten Gebäuden, die durch Auswahl aller Gebäude mit mehr als einer Adresse erfolgt, wird durch die Aufspannung von Thiessen-Polygonen (Funktion *CreateThiessenPolygons*) zwischen den Hauskoordinaten und anschließender Verschneidung mit den Hausumringen (*intersect*) realisiert (Abb. 5). Damit wurden bei linear gereihten Gebäudeverbänden sehr gute Ergebnisse erzielt. In den Ecken abgewinkelter Gebäudereihungen führt diese Methode allerdings zu künstlichen (schrägen) Teilungen. Diese aber stellen hinsichtlich des verfolgten Zieles der Datennutzung für Gebäudebestandsanalysen keine Beeinträchtigung dar, da sie keinen Einfluss auf die spätere Bilanzierung der Gebäudeanzahl und nur einen sehr geringen bezüglich der Analyse von Gebäudegrößenklassen erwarten lassen. Teilweise entstehende Splitterpolygone wurden eliminiert oder mit dem be-

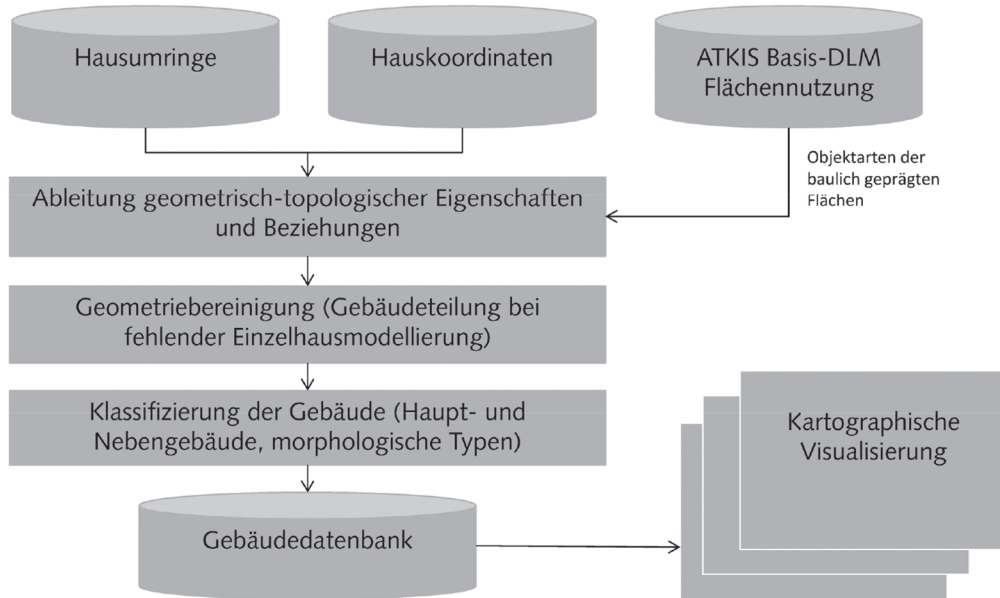


Abb. 4: Ablauf der automatisierten Aufbereitung der Hausumringe und -koordinaten (Quelle: eigene Darstellung).

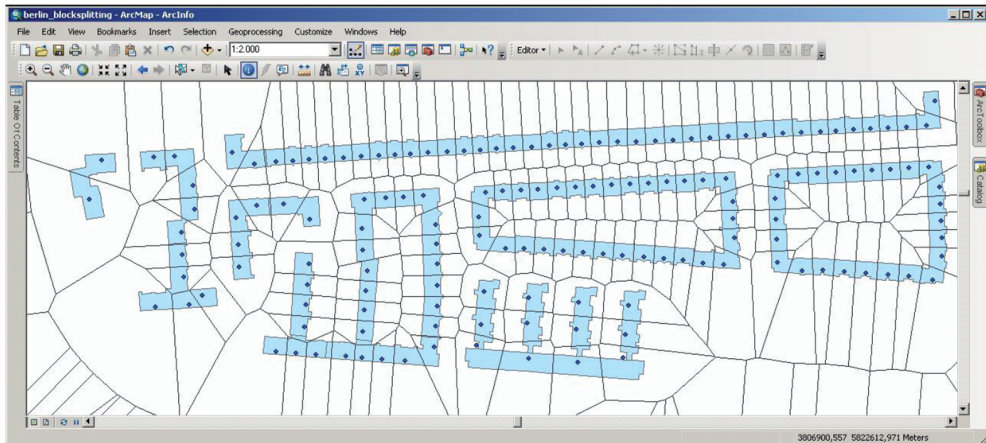


Abb. 5: Auftrennung von Gebäudeverbänden in Einzelgebäude durch Thiessen-Polygone.

nachbarten Einzelgebäude wieder vereinigt. Um Fehler oder Abstürze bei der Thiessenpolygonberechnung zu vermeiden, insbesondere bei extremen Dreiecksbildungen, musste die Gebietsfläche in Teilflächen mit jeweils ca. 5.000 räumlich benachbarten Hausumringen aufgeteilt werden. Dafür wurden die betroffenen Hauskoordinaten nach Postleitzahlgebieten selektiert und anschließend die erzeugten

Thiessen-Polygone und zugehörigen Hausumringe sequentiell prozessiert.

Gebäudebestandsanalysen erfordern eine Nutzungsdifferenzierung des Gebäudebestandes, die bei Hausumringen und -koordinaten nicht zur Verfügung steht. Hier bietet sich, solange die vollständige Attributierung von ALKIS aussteht, das ATKIS Basis-DLM an, das die Nutzung der Fläche, auf denen die Gebäu-

de stehen, nach Wohnbau, Industrie/Gewerbe, gemischte Nutzung, besondere funktionale Prägung, Verkehrsfläche oder Erholungs-, Freizeit- und Sportflächen differenziert. Durch Verschneidung der Gebäudeschwerpunkte mit dieser Nutzungsinformation wurde jedem Gebäude ein Nutzungsattribut zugeordnet. Natürlich ist damit nur eine Nutzungsabschätzung möglich, denn die Nutzung einzelner Gebäude innerhalb eines ATKIS-Blocks kann sich durchaus unterscheiden.

Die Klassifizierung der Hausumringe in Haupt- bzw. Nebengebäude erfolgt über die Hauskoordinate (postalische Adresse), da nur Hauptgebäude über eine postalische Adresse verfügen. Nebengebäude wurden dabei für spätere Bestandsanalysen sinnvollerweise hinsichtlich freistehenden und angeschlossenen Nebengebäuden unterschieden. Für die Kennzeichnung der Nebengebäude muss festgestellt werden, ob ein Gebäude einen direkt angeschlossenen Nachbarn besitzt. Dazu wurden benachbarte Hausumringe zuerst zusammengefasst (Dissolve), dann durch eine Verschneidung bestimmt, wie viele Hausumringe in diesem Gebäudeverband liegen und schließlich durch eine weitere Verschneidung diese Zahl in jeden Hausumring eingetragen.

Die Hausumringdaten enthalten eine große Zahl von Kleinstgebäuden wie Garagen, Schuppen, Lauben, Trafohäuschen usw. Da deren Erfassung in den Katasterämtern äußerst uneinheitlich erfolgt und Kleinstgebäude für Bestandsanalysen nur eine untergeordnete Rolle spielen, wurden diese aus den Hausumringdaten eliminiert, wenn die Gebäudegrundfläche $< 10 \text{ m}^2$ ist (Grenzwert nach SächsVermKatGDVO, SMI 2011).

Zur Klassifizierung des Gebäudetyps, freistehende Einzelgebäude, Doppelhäuser, Reihenhäuser usw., der durch die Anzahl direkt benachbarter aneinandergereicher Einzelgebäude bestimmt wird, wurde die Einzelgebäudeanzahl durch Summation der Hauskoordinatenanzahl innerhalb eines Gebäudeverbands übernommen. Da die Hauskoordinaten nicht immer in den Hausumringen liegen, müssen auch außerhalb liegende berücksichtigt und dem nächstliegenden Hausumring zugeordnet werden.

Abschließend werden die Hausumringe um den amtlichen Gemeindegeschlüssel (AGS) ergänzt.

5 Operationelle Prozessierung

Die Datenprodukte HU und HK sollen Grundlage eines Monitorings der Gebäudebestandsentwicklung innerhalb des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-MONITOR 2012) werden. Dazu ist eine automatisierte Datenaufbereitung und -analyse der ca. 49 Millionen Gebäudegeometrien erforderlich. Diese wurde in einer Abfolge von 14 Python-Skripten in ArcGIS-Tools umgesetzt (Tab. 4). Zwischenergebnisse ermöglichen Kontrollen und Fehlerberichtigungen. Die Berechnung umfasst die folgenden Arbeitsschritte:

- Datenvorverarbeitung mit Geometriebereinigung (Konvertierung in Geodatabase, RepairGeometry, Indizes erstellen), Eliminierung von Infas-Koordinaten, Kennzeichnung ob Hauskoordinate in Hausumring liegt;
- Ersatz der Hausumringe Sachsens durch die Gebäude des ATKIS Basis-DLM;
- Übernahme der Objektart der Fläche, in der das Gebäude steht, aus dem ATKIS Basis-DLM (Wohnbau, Industrie, Gemischte Nutzung, Besondere funktionale Prägung, Siedlungsfreifläche, Vegetation, Verkehr);
- Eintrag der Anzahl der Adresskoordinaten für jedes Gebäude unter Berücksichtigung von Koordinaten auch außerhalb von Hausumringen (Nachbarschaft);
- Gebäudeverbände selektieren, Teilung von Gebäudeverbänden mit mehreren Adressen, Bereinigung von Splitterpolygonen;
- Auflösung der Trennung von Haupt- und Nebengebäuden, wenn diese eine gemeinsame Grenzlinie haben;
- Klassifizierung der Gebäude als Haupt- (mit Hauskoordinate) oder freistehendes Nebengebäude (ohne Hauskoordinate wie Garagen, Schuppen, Anbauten, Kleingarten- und Trafohäuschen, teilweise aber auch größere Industriegebäude);
- Bestimmung des Wohngebäudetyps (Einzel-, Doppel-, Reihenhäuser) über die Anzahl benachbarter Polygone mit Hauskoordinaten;
- Kennzeichnung von Kleinstgeometrien $< 10 \text{ m}^2$ als Nichtgebäude;
- Übernahme des amtlichen Gemeindegeschlüssels (AGS) aus einer aus dem Basis-DLM abgeleiteten Verwaltungsgeometrie VG25;

Tab. 4: Prozessierungszeiten (Intel Core i5 mit 3,2 GHz und 2,92 GB RAM).

Verarbeitungsschritt	Skript	Rechenzeit
Datenvorverarbeitung	01 Vorbereiten Hausumringe	41h 34 min
	02 Vorbereiten Hauskoordinaten	4h 08 min
Gebäudeersatz	03 Ergänzung ATKIS-Gebäude (Sachsen)	1h 50 min
Gebäudenutzung	04 Ergänzung ATKIS-Objektart	21h 12 min
Gebäudeadressen	05 Berechnung der Adressanzahl	50h 22 min
Disaggregation von Gebäudeverbänden	06 Selektion zu teilender Gebäudeverbände	3h 24 min
	07 Teilung Gebäudeverbände	2h 42 min
	08 Problembehebung Gebäudeteilung	10 min
	09 Polygonbereinigung	2h 15 min
Nebengebäude	10 Filterung und Kennzeichnung	26h 45 min
Gebäudeverbandsgröße	11 Bestimmung Gebäudetypologie	61h 46 min
Gemeineschlüssel	12 Ergänzung AGS	18 h 26 min
Datenstruktur wieder herstellen	13 Prozessbedingte Aufteilung aufheben	7h 10 min
Klassifikation	14 Gebäudeklassifikation	6h 01 min
Gesamtzeit		~ 248h

- Aufkachelung aufheben und damit Datenstruktur wieder herstellen.

Die Verfahrensschritte wurden in einer ArcGIS Toolbox implementiert. Die Prozessierung der sehr großen Datenmengen führt in einzelnen Skripten zu Programmabbrüchen, die erst durch eine automatische Gebietsaufteilung behoben werden konnten. Tab. 4 zeigt die derzeitigen Berechnungszeiten für den gesamten deutschen Datensatz.

Zum Abschluss der automatisierten Prozesskette liegen bereinigte Gebäudegeometriedaten vor, die Gebäudebestandsanalysen ermöglichen.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Geobasisprodukte HU und HK sind derzeit die einzigen GIS-technisch auswertbaren flächendeckenden und zentral verfügbaren Informationsquellen zum Gebäudebestand in Deutschland. Ihre Bereitstellung ermöglicht erstmals Gebäudebestandsanalysen auf dieser Datengrundlage in Ergänzung statistischer Erhebungen. Die noch jungen Produkte weisen noch in einigen Bundesländern oder in

dem Zuständigkeitsbereich einzelner katasterführender Stellen Mängel auf, die teilweise inzwischen behoben wurden, z. B. photogrammetrische Gebäudeergänzung in Mecklenburg-Vorpommern. Durch die dezentrale Erfassung in den Katasterämtern sind erhebliche Unterschiede in der Digitalisierung, insbesondere auch innerhalb einzelner Bundesländer, festzustellen. Für belastbare länderübergreifende Gebäudebestandsanalysen müssen Korrekturen und eine Homogenisierung der Eingangsdaten erfolgen, soweit diese möglich sind. Teilweise festgestellte systematische Lageversätze sind in der Regel auf Fehler bei der Transformation von ALK-Gebäuden zu Hausumringen zurückzuführen und sollten künftig vermeidbar sein. Für Bestandsanalysen sind die unterschiedlichen Modellierungsqualitäten zu berücksichtigen. Problematisch war die Unvollständigkeit der Hausumringe der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen, die für Sachsen durch Rückgriff auf die vollständigeren Gebäudedaten des ATKIS Basis-DLM behoben werden konnte.

Die Geometrie der Hausumringe konnte weitestgehend bereinigt und fehlerhafte Polygone (Splitterpolygone etc.) gekennzeichnet werden. Mithilfe der aus Hauskoordinaten

abgeleiteten Thiessen-Polygone konnten bei fehlender Einzelgebäudemodellierung zusammenhängend modellierte Gebäudegruppen in Einzelgebäude zerlegt werden, eine unabdingbare Voraussetzung für Gebäudebestandsanalysen. Durch Verschneidung mit Flächennutzungsdaten des ATKIS® Basis-DLM konnten die rein geometrischen Eingangsdaten mit semantischen Informationen angereichert werden. Die Identifizierung von freistehenden und angeschlossenen Nebengebäuden erfolgte unter Beachtung eigener empirischer Analysen zur Größe der Gebäudegrundfläche. Ein Gebäude wird als Hauptgebäude klassifiziert, wenn dieses über eine postalische Adresse (= Hauskoordinate) verfügt. Polygone, die kleiner als 10 m² sind, werden als „Nichtgebäude“ gekennzeichnet. Über die Anzahl benachbarter Gebäudepolygone konnten Wohngebäudetypen wie Einzel-, Doppel- und Reihenhauser abgeleitet werden. Am Ende des aufwendigen Geoprocessings steht ein berichtigter und ergänzter geometrischer Gebäudedatensatz, der Gebäudebestandsanalysen ermöglicht. Mit dem beschriebenen Vorgehen soll kein neuer oder gar amtlicher Datenbestand aufgebaut werden. Vielmehr sollen pragmatische Antworten auf drängende Fragen zum Gebäudebestand auf Grundlage von Vermessungsdaten gegeben werden, die dazu bisher nicht genutzt wurden.

Methodik und Ergebnisse der Gebäudebestandsanalysen werden in einem separaten Beitrag veröffentlicht. Erste indikatorbasierte Teilergebnisse sind bereits im Internet im Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung visualisiert (IÖR-MONITOR 2012). Jeweils vier Indikatoren mit unterschiedlichem Flächenbezug informieren dort über die Gebäudedichte (Gebäudeanzahl/km²) bzw. den Gebäudeüberbauungsgrad (Flächenanteil in %). Letzterer stellt neben versiegelten Freiflächen einen Teil der versiegelten Flächen dar.

Die erläuterten Datenaufbereitungen und nachfolgenden Gebäudebestandsanalysen sollen wiederholt und zukünftig Teil eines Monitorings der Siedlungsentwicklung werden. Dabei soll auch eine Gebäudeklassifikation auf Basis eines Forest-Tree-Klassifikators erfolgen, neue 3D-Gebäudedaten einbezogen und weiterführende Indikatoren, u. a. Geschossflächendichte, berechnet werden. Ab 2013 ver-

treibt das ZSHH auch zentralisiert 3D-Gebäudemodelle, vorerst LoD1-Klötzchenmodelle, der Katasterbehörden der Länder. Diese werden die Hausumringe um die Attribute Gebäudehöhe, Geschosshöhe und Gebäudefunktion ergänzen, was wesentlich genauere und weiterführende Gebäudebestandsanalysen ermöglichen wird. Mit der sukzessiven Vervollständigung der Attributwerte in ALKIS, die in den nächsten Jahren zu erwarten ist, wird sich die Datenlage zum Gebäudebestand noch weiter verbessern.

Abschließend soll hier die segensreiche Arbeit der AdV gewürdigt werden, die durch ihre Modellvorschriften erreicht hat, dass sich Eigenheiten, die aus der föderalen Struktur des amtlichen Vermessungswesens in Deutschland erwachsen, in Grenzen halten. Trotz der insgesamt hervorragenden Ergebnisse sind Unterschiede in den Datenprodukten unverkennbar und stellen immer wieder eine Herausforderung für vergleichende raum-zeitliche Analysen dar.

Danksagung

Für hilfreiche und vertiefende Informationen wird Frau KERSTIN WILL von der Zentralen Stelle für Hauskoordinaten, Hausumringe und 3D-Gebäudemodelle (ZSHH) und Herrn ALEXANDER HORN vom Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen gedankt.

Literatur

- AdV, 2008: GeoInfoDok – ALKIS: ALKIS-Objektartenkatalog. – Version 6.0, Stand: 11.4.2008, adv-online.de – AAA-Modell – Dokumente der GeoInfoDok (1.9.2013).
- ATKIS-OBJEKTARTENKATALOG, 2012: www.atkis.de/dstinfo.
- BBSR, 2011: Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. – Abschlussbericht, 177 S., ISBN: 978-3-941140-16-5.
- BBSR, 2012: Systematische Datenanalyse im Bereich der Nichtwohngebäude – Erfassung eines Mengengerüsts und Quantifizierung von Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenzialen, SWD – 10.8.17.7-12.19.

- BMVBS, 2010: Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland, BMVBS-Online-Publikation 16/11, 2011, <http://d-nb.info/1014856922/34> (1.9.2013).
- BMVBS, 2012: <http://www.bmvbs.de/shareddocs/de/artikel/sw/energetische-stadtsanierung.html> (22.10.2012).
- BMVBS, 2012: http://www.bmvbs.de/de/bauenundwohnen/energieeffizientegebaeude/gebaeudesanierung/gebaeudesanierung_node.html (17.10.2013).
- BURCKHARDT, M., 2012: Analyse des Gebäudebestandes in Deutschland auf Grundlage der Hausumringe (HU) und georeferenzierter Adressdaten. – Diplomarbeit, TU Dresden.
- DESTATIS, 2012: Statistisches Bundesamt. <http://www.destatis.de> (24.5.2012).
- EPBD, 2010: Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council, of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
- IÖR-MONITOR, 2012: Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung. – Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, www.ioer-monitor.de (2.5.2012).
- SMI, 2011: Sächsisches Staatsministerium des Innern (SMI). Durchführungsverordnung zum Sächsischen Vermessungs- und Katastergesetz (SächsVermKatGDVO). – Fassung vom 6.7.2011. <http://revosax.sachsen.de/Details.do?sid=1752114717231> (4.3.2013).
- ZSHH, 2012: Bezirksregierung Köln, Abteilung ZSHH. Abgabe der Hausumringe und Hauskoordinaten, http://www.bezregkoeln.nrw.de/brk_internet/organisation/abteilung07/produkte/liegenschaftsinformation/hausinformationen/hausumringe/index.html (17.2.2012).

Anschriften der Autoren:

Dr. GOTTHARD MEINEL, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Weberplatz 1, D-01217 Dresden, Tel.: +49-0351-4679254, Fax: +49-0351-4679212, e-mail: g.meinel@ioer.de

MANUEL BURCKHARDT, Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge, Meißner Straße 151a, D-01445 Radebeul, Tel.: +49-0351-40404721, Fax: +49-0351-40404740, e-mail: manuel.burckhardt@rpv-oeoe.de

Manuskript eingereicht: März 2013
Angenommen: Juli 2013