

Bestandsaufnahme Amtliche 3D-Gebäudemodelle im LoD1: Eine Metadatenanalyse

Status Quo of Official 3D building models in LoD1: A Metadata Analysis

Steffen Schwarz | André Hartmann | Robert Hecht | Martin Schorcht |
Gotthard Meinel | Martin Behnisch

Zusammenfassung

Die Analyse des deutschen Gebäudebestandes und dessen Entwicklung ist für eine nachhaltige Siedlungs- und Freiraumentwicklung von besonderer Bedeutung. Seit 2016 stehen amtliche 3D-Gebäudemodelle in ihrer einfachsten Form, dem Block- oder Klötzchenmodell LoD1 (Level of Detail 1), flächendeckend zur Verfügung. Allerdings sind erhebliche Unterschiede bei der Datenerfassung im föderalen System des amtlichen Vermessungswesens in Deutschland zu beobachten. Durch Auswertung von Metadaten zu Datenqualitätsangaben informiert der Beitrag über die Unterschiede in der Erhebung der Höheninformation, der Datenaktualität und weiteren Metainformationen des Datenprodukts 3D-Gebäudemodelle LoD1 in Bezug auf bundeslandspezifische Eigenarten, bereitet diese visuell auf und diskutiert bestehende Unterschiede.

Schlüsselwörter: 3D-Gebäudemodelle, LoD1, Kataster, Geodatenprodukte, Gebäudebestand, Gebäudenutzung

Summary

The analysis of the German building stock and its development is of particular importance for sustainable settlement and open space development. Since 2016, official 3D building models have been available nationwide in their simplest form, the block model LoD1 (Level of Detail 1). However, there are considerable differences in data collection in the federal system of official surveying in Germany. By evaluating metadata on data quality information, the paper informs about the differences in the collection of height information, data timeliness and further meta information of the data product 3D building models LoD1 with respect to federal state specific peculiarities, prepares them visually and discusses existing differences.

Keywords: 3D building models, LoD1, land register, geodata products, building stock, building utilization

1 Einleitung

3D-Gebäudemodelle haben eine große Bedeutung in der Visualisierung virtueller 3D-Stadtlandschaften. Mittler-

weile sind 3D-Gebäudemodelle viel umfassender einsetzbar. Anwendungsfelder für 3D-Gebäudemodelle sind u. a. Energiebedarfssimulationen, Solarpotenzialanalysen, Notfallplanung, Stadtklimamodellierung, Versorgungsanalysen (Funktionale Versorgung), 3D-Kataster, Infrastrukturplanung und Lärmanalysen (Biljecki 2015). Eine besondere Bedeutung kommt den amtlichen 3D-Gebäudemodellen zu. Die Modellbeschreibung wurde von der AdV (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, AdV 2020a) erarbeitet und der Produktstandard und die Datenformatbeschreibung inzwischen mehrfach überarbeitet. Diese Dokumente sind Grundlage für die Modellierung der Gebäude durch die Vermessungsverwaltungen der Länder. Eine flächendeckende (deutschlandweite) Verfügbarkeit der 3D-Gebäudemodelle im LoD1 (Level of Detail, AdV 2020b) wurde seitens der AdV für 2013 beschlossen (Heitmann 2011). Aringer und Hümmer (2011) informieren über den Aufbau landesweiter 3D-Gebäudemodelle, die Grundeigenschaften und Unterschiede der Modelle (z. B. LoD1, LoD2, u. a.), die Synergien zwischen 3D-Gebäudemodell und Liegenschaftskataster sowie die Herstellungsprozesse in Deutschland. Innerhalb der gleichen Modellierungsdetailstufe können die geometrischen Merkmale einen großen Einfluss auf die Ergebnisse einer räumlichen Analyse haben (vgl. Biljecki et al. 2016). Das Objektvolumen kann beispielsweise stärker von geometrischen Änderungen beeinflusst werden als von einer Höhenänderung. Bisher gibt es keine zusammenfassende Betrachtung der Metadaten zum deutschlandweiten amtlichen 3D-Gebäudemodell. Der Fokus dieses Beitrags liegt daher in der Auswertung der Metadaten des deutschlandweit verfügbaren amtlichen 3D-Gebäudemodells in der Ausprägung LoD1 (LoD1-DE) in Bezug auf Gebäudehöhe und Lage. Die Metadaten werden in Form von Attributen als Teil der Gebäudedaten aufbereitet. Auf dieser Basis erfolgt eine räumlich-zeitliche Bestandsaufnahme der sogenannten Qualitätsmerkmale (AdV 2020d) nach Bundesländern für 2018 und in ausgewählten Themenbereichen ein Vergleich mit Daten von 2015, um daraus erste Entwicklungstendenzen abzuleiten.

2 Amtliches 3D-Gebäudemodell LoD1-DE

Das amtliche 3D-Gebäudemodell Deutschland (LoD1-DE) ist das Ergebnis einer Zusammenführung aller Gebäude aus dem ALKIS (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem) (AdV 2014). Es beinhaltet neben dem 3D-Körper die Höheninformationen der Objekte und das Nutzungsattribut sowie die für diesen Beitrag relevanten Metadaten. In der Datenformatbeschreibung wird ein 3D-Gebäude im LoD1-DE wie folgt definiert: »Ein 3D-Gebäudemodell ist ein digitales, numerisches Oberflächenmodell der Erdoberfläche, reduziert auf die in ALKIS definierten Objektbereiche Gebäude und Bauwerke (Definition nach ALKIS-OK). Unterirdische Gebäude und Bauwerke werden nicht berücksichtigt. Das 3D-Gebäudemodell ist eine Erweiterung des Datensatzes der Hausumringe um die dritte Dimension.« (AdV 2017). Die Höhengenaugkeit wird mit ± 5 m angegeben (AdV 2014). Welche Objekte in den Daten enthalten sind, hängt von den länderspezifischen Einmesspflichten von Gebäuden im Liegenschaftskataster ab und somit von den im ALKIS enthaltenen Objekten.

Die von der AdV vorgesehene Modellierung basiert auf der Grundlage des CityGML-Schemas (Kolbe 2008a; Kolbe 2008b). Die Gebäude werden dabei als 3D-Körper (Solid) mit attributierter Höhe dargestellt. Während beim LoD1 das Gebäude nur als Klötzchen (also mit Flachdach) modelliert ist, erfolgt in der Detailstufe LoD2 auch eine Modellierung der Dachformen, wodurch die Darstellungsgenauigkeit der Außenhülle und Aussagekraft der Höhenattribuierung steigt. Die Geometriemodellierung jedes Gebäudes enthält die folgenden Attribute (AdV 2017):

- Höhe des Gebäudes (Differenz in Metern zwischen dem höchsten Bezugspunkt und dem tiefsten Bezugspunkt des Gebäudes)
- Objektidentifikator (eindeutiger Schlüssel)
- Gebäudefunktion (übernommen aus ALKIS)
- Qualitätsangaben (Metadaten)
- Amtlicher Gemeindeschlüssel

Optional können die Attribute Anzahl der Geschosse, Lagebezeichnung und Name vorhanden sein, wenn diese geführt werden (AdV 2017).

Je Objekt sind weitere Angaben zum Lage- und Höhenbezug gegeben. Diese werden unter dem von der AdV definierten Begriff Qualitätsangaben zusammengefasst:

- Datenquelle Lage
- Datenquelle Bodenhöhe
- Datenquelle Dachhöhe
- Bezugspunkt Dachhöhe (LoD1)

Das Attribut **Datenquelle Lage** beschreibt, welches Verfahren und welche Quellen zur Generierung der LoD1-Körper herangezogen wurden. Es beschreibt, mit welcher Methode die 2D-Geometrie erfasst oder welcher Quelle sie entnommen wurde. Die Geometrien beschreiben Gebäude oder Gebäudeteile und stellen einen zweidimensiona-

len Fußabdruck dar. Vier der sechs Ausprägungen dieses Qualitätsmerkmals beschreiben eine direkte Ableitung der Daten aus dem Liegenschaftskataster (LIKA). Die Daten können (ohne weitere detaillierte Definition seitens der Vermessungsverwaltung) direkt aus dem LIKA stammen oder berechnet oder aus Bestandsdaten digitalisiert sein. Auch können die Daten aus dem LIKA stammen, welche direkt auf Daten der topographischen Landesaufnahme beruhen. Bei der topographischen Landesaufnahme werden die Erscheinungsformen zusammenhängend erfasst, während im Liegenschaftskataster die Objekte einzeln erhoben werden (Vgl. DVOzVermKatG NW; GeoSN 2020). Eine detailliertere Beschreibung der einzelnen Erhebungsmethoden ist im Produktblatt der ADV nicht zu finden. So ist z. B. nicht beschrieben, ob es sich bei photogrammetrisch ermittelten Daten um Stereobildauswertungen oder LIDAR-Daten handelt. Auf Nachfrage teilte die ZSHH mit, dass Lageinformationen mit Codierung 1000 (Liegenschaftskataster) vergeben werden, wenn keine detailliertere Ausdifferenzierung vorgenommen werden soll oder dies nicht möglich ist.

Mit dem Attribut **Datenquelle Bodenhöhe** wird das Verfahren bzw. werden die zugrunde liegenden Daten zur Ermittlung der Bodenhöhe beschrieben. Die Angabe der Bodenhöhe ist von grundlegender Bedeutung für die Gebäudehöhenberechnung. Digitale Geländemodelle (DGM) haben dabei eine besondere Bedeutung. Die Gitterweite der DGM reicht hierbei von einem Meter (DGM1) bis hin zu zehn Metern (DGM10). Aber die Bodenhöhe kann auch aus Einzelmessungen (Vor-Ort-Aufnahme) der Geometrie sowie aus manueller oder automatisierter photogrammetrischer Erfassung stammen.

Das Attribut **Datenquelle Dachhöhe** gibt Aufschluss über das Verfahren zur Bestimmung des Höhenwerts eines Gebäudes. Beim Laserscanning wird die Dachhöhe aus Punktwolken abgeleitet. Bei automatisierter und manueller Photogrammetrie werden die Objekthöhen über stereoskopische Bildanalyseverfahren ermittelt. Manuell beschreibt das klassische Einmessverfahren durch einen Vermesser vor Ort. Bei den Ausprägungen Stockwerk und Standard handelt es sich um vordefinierte Schätzwerte für den Fall, dass nur wenige oder gar keine Messpunkte vorliegen. Bei Standard wird beispielsweise in Sachsen für Objekte ohne erfassten Wert (z. B. kein Laserscan-Punkt vorhanden) und ab einer Grundfläche von 25 m^2 ein Standardwert von 9 m gesetzt, bei Objekten kleiner 25 m^2 werden 3 m angesetzt (vgl. Jahn 2014, Jahn et al. 2015). Ist die Datenlage der Messpunkte schlecht, aber eine Stockwerksinformation des Objekts vorhanden, so wird die Information mit einem Standardwert für Stockwerke – z. B. in Sachsen mit 3,0 m und in Bayern mit 3,5 m – multipliziert (vgl. Jahn 2014). Das Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz teilte auf Anfrage mit, dass der zur Bearbeitung der Gebäudemodelle eingesetzte Workflow sowohl Laserscandaten als auch Luftbilddaten für die Höhenermittlung verarbeitet und automatisch das genaueste Verfahren verwendet wird. Gelingt beispielsweise

aufgrund mangelnder Punktdichte oder Aktualität der Lasersdaten die Ableitung einer Dachform nicht, wird für den betroffenen Bereich eine Punktwolke aus den Luftbildern generiert und für die Dachableitung genutzt. Vor der Weitergabe der Daten an die ZSHH werden, wenn nötig, Nachbereitungen vorgenommen.

Das Attribut **Bezugspunkt Dachhöhe** beschreibt den Bezugspunkt bei einer vom Flachdach abweichenden Dachform (vgl. AdV 2014). Für die Wandlung einer Dachform (Satteldach, Pultdach etc.) in ein äquivalentes Flachdach gibt es prinzipiell die drei folgenden Möglichkeiten: die Verwendung des niedrigsten Wertes (Traufe), des

Tab. 1: Anteile der Merkmalsausprägungen der Qualitätsangaben des 3D-Gebäudemodells LoD1-DE

Datenquelle	Codierung	2015	2018	Veränderung 2015 zu 2018
		%	%	%
Datenquelle Lage				
Liegenschaftskataster	1000	94,9	96,6	+1,7
Liegenschaftskataster (Berechnung)	1100	0	0	0
Liegenschaftskataster (Digitalisierung)	1200	0	0	0
Liegenschaftskataster (Top. Aufnahme)	1300	0,1	0,1	0
Photogrammetrisch ermittelt	2000	0,1	0,2	+0,1
Topographische Landesaufnahme	3000	4,8	3,2	-1,6
Datenquelle Bodenhöhe				
DGM	1000	0	1,1	+1,1
DGM 1	1100	20,3	40,3	+20,0
DGM 2	1200	12,2	15,6	+3,4
DGM 5	1300	20,9	21,8	+0,9
DGM 10	1400	39,5	21,3	-18,2
DGM 25	1500	1,6	0	-1,6
DGM 50	1600	0	0	0
DGM 200	1700	0	0	0
DGM 1000	1800	0	0	0
Einzelmessung	2000	5,50	0	-5,5
Photogrammetrie – manuell	3000	0	0	0
Photogrammetrie – automatisch	4000	0	0	0
Datenquelle Dachhöhe				
Laserscan	1000	70,0	72,1	+2,1
Stockwerk	2000	0,8	1,0	+0,2
Standard	3000	3,1	3,5	+0,4
Photogrammetrie – manuell	4000	6,1	4,0	-2,1
Photogrammetrie – automatisch	5000	19,7	18,9	-0,8
Manuell	6000	0,4	0,5	+0,1
Bezugspunkt Dachhöhe (LoD1)				
First	1000	13,6	16,6	+3,0
Mittelwert	2000	17,1	49,0	+31,9
Arithmetisches Mittel	2100	0,9	2,1	+1,2
Median	2200	53,8	31,2	-22,6
Traufe	3000	12,2	1,1	-11,1
Defaulthöhe	4000	2,2	0,8	-1,4

höchsten Wertes (First) oder die Verwendung des Mittelwertes bzw. des Medians (vgl. Biljecki et al. 2016). Zusätzlich wird eine Standardhöhe (Defaulthöhe) vorgehalten, die aber nicht genauer dokumentiert ist. Der Unterschied zwischen Mittelwert (2000) und arithmetischem Mittel (2100) wird nicht erläutert. Laut ZSHH ist entscheidend, ob die Daten aus LoD1- oder LoD2-Modellen abgeleitet wurden. Bei Ableitung aus LoD1 wird die Dachhöhe bei Codierung 2000 (Mittelwert) aus dem Mittelwert des höchsten und niedrigsten Punktes gebildet. Beim arithmetischen Mittel wird der Mittelwert aller Dachpunkte genutzt. Seit 2020 wird die Höheninformation aus dem zentralen LoD2-Datenbestand abgeleitet. Der Mittelwert (2000) ist der berechnete Mittelwert aus dem höchsten und dem niedrigsten Dachpunkt, wobei dafür alle Dachflächen eines Gebäudes berücksichtigt werden. Die Bildung des arithmetischen Mittels verhält sich analog zur Ableitung aus LoD1-Daten. Dieses Verfahren wird in der Praxis jedoch kaum eingesetzt. Diese Informationen wurden auf Nachfrage von der ZSHH erteilt.

Tab. 1 zeigt die Ergebnisse der Auswertung der Attribute aller 3D-Gebäude Deutschlands. Neben diesen Merkmalen ist jeder Datensatz mit einer Metainformation zur Aktualität versehen. Für ein genaueres Verständnis des Begriffs der Aktualität sei an dieser Stelle auf die Produkt- und Qualitätsstandards für 3D-Gebäudemodelle der AdV verwiesen, in der es lautet: »Die Gebäudemodelle sind jährlich auf der Grundlage aktueller Grundrisse von ALKIS/ATKIS zu aktualisieren. Abweichende Ableitungszeiträume sind grundsätzlich mit der ZSHH abzustimmen. Die Aktualität des zugrunde liegenden DGM ist im Produkt und Qualitätsstandard für Digitale Geländemodelle definiert. Die Aktualität des zugrunde liegenden DOM entspricht mindestens dem DGM.« (AdV 2020d). Über diese Information kann der Nutzer erfahren, welchen zeitlichen Bezug der Datensatz besitzt. Die Metainformationen werden von den Landesvermessungen im Zuge der Datenabgabe an die Zentrale Stelle Hauskoordinaten und Hausumringe (ZSHH) weitergeleitet und bleiben unverändert (Tab. 3). Die Datenstände der LoD1-Daten nehmen jeweils auf das Vertriebsjahr Bezug. Diese beruhen auf den Daten der ZSHH und werden meist im ersten Quartal des Folgejahres veröffentlicht. Gibt die ZSHH die LoD1-Daten beispielsweise Ende 2018 heraus, so werden diese im ersten oder zweiten Quartal 2018 an die ZSHH übermittelt und ab Quartal eins oder Quartal zwei 2019 ebenfalls vom BKG an Bundesbehörden und Zuwendungsempfänger vertrieben. Die in diesem Beitrag vorgenommenen Auswertungen beruhen auf einem BKG-Datensatz. Die Aktualitätsangaben in Tab. 3 beziehen sich auf das Datenübergabedatum der Länder an die ZSHH. Diese spielen die Daten in räumlichen Kacheln aus. Das Datum der Ableitung der letzten Kachel bestimmt das Aktualitätsdatum des Landesdatensatzes. Werden die Daten eines Landes beispielsweise zwischen 11/2017 und 01/2018 ausgespielt, so ist das Jahr der Aktualität 2018 (telefonische Auskunft der ZSHH).

Im Jahr 2018 sind nur knapp zwei Drittel der Daten jünger als ein Jahr. Die Bundesländer Bremen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Schleswig-Holstein verwenden jeweils den Datenstand aus dem vergangenen Jahr. Niedersachsen und Sachsen verwenden Zeitstände von 2014 bzw. 2015 (siehe Tab. 3). Der älteste Datenstand ist eigenen Recherchen zufolge fünf Jahre alt. Die Datenstände in einem Datensatz können also nach Bundesland variieren.

3 Ergebnisse der Metadatenanalyse zur Gebäudehöheninformation

Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse der Metadatenanalyse im gesamtdeutschen Kontext und im Detail für einzelne Bundesländer vorgestellt. Die detaillierten Werte und Entwicklungen auf Bundeslandebene können der Abb. 1 sowie Tab. 2 entnommen werden. Berichtet wird über den Stand 2018 und den Zeitschnitt 2015 zu Vergleichszwecken.

Datenquelle Lage

Lage und Geometrie von 3D-Gebäudemodellen beruhen zu 97 % auf Daten des Liegenschaftskatasters (Tab. 1), also einer Übernahme aus dem ALKIS (AdV 2019). Nur in Sachsen wird durch die lückenhafte Abbildung des Gebäudebestands in ALKIS auf die Gebäudedaten der Topographischen Landesaufnahme zurückgegriffen. Hier sind die Gebäudegrundrisse mit Aktualitätsstand 2015 aus ATKIS verwendet worden (AdV 2020c).

Datenquelle Bodenhöhe

Ausgangspunkt der Bodenhöhe ist das DGM. Die räumliche Auflösung des DGM hat erheblichen Einfluss auf die Güte der Gebäudehöhenberechnung. Für 60 % der Gebäude liegt ein DGM1 oder DGM2 und für 40 % ein weniger hoch aufgelöstes DGM5 oder DGM10 zugrunde. Die Tendenz geht zu höheren räumlichen Auflösungen, wie etwa in NRW und Thüringen. In den Bundesländern Berlin und Sachsen hat sich die Auflösung des verwendeten DGM verringert (siehe Tab. 2). Die Senatsverwaltung Berlin teilte auf Anfrage mit, dass auch 2018 für die Ableitung DGM1-Daten verwendet wurden, die Punktdichte der Eingangsdaten aber bei der Ableitung mit einer Dritt-anbietersoftware nicht beeinflussbar ausgedünnt wurde. Die datenführende Stelle ist sich des Umstands bewusst und gibt daher als pessimistischste Annahme DGM10 an.

Datenquelle Dachhöhe

Laserscannerhebungen bilden überwiegend die Grundlage für die Ermittlung der Dachhöhe (Tab. 1). Die Bundesländer Berlin und Thüringen nutzen seit 2018 Laserscannerhebung (Tab. 2). Lediglich in Brandenburg, Bremen und Rheinland-Pfalz wird die Dachhöhe photogrammetrisch ermittelt. Die Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg teilte auf Nachfrage mit, dass

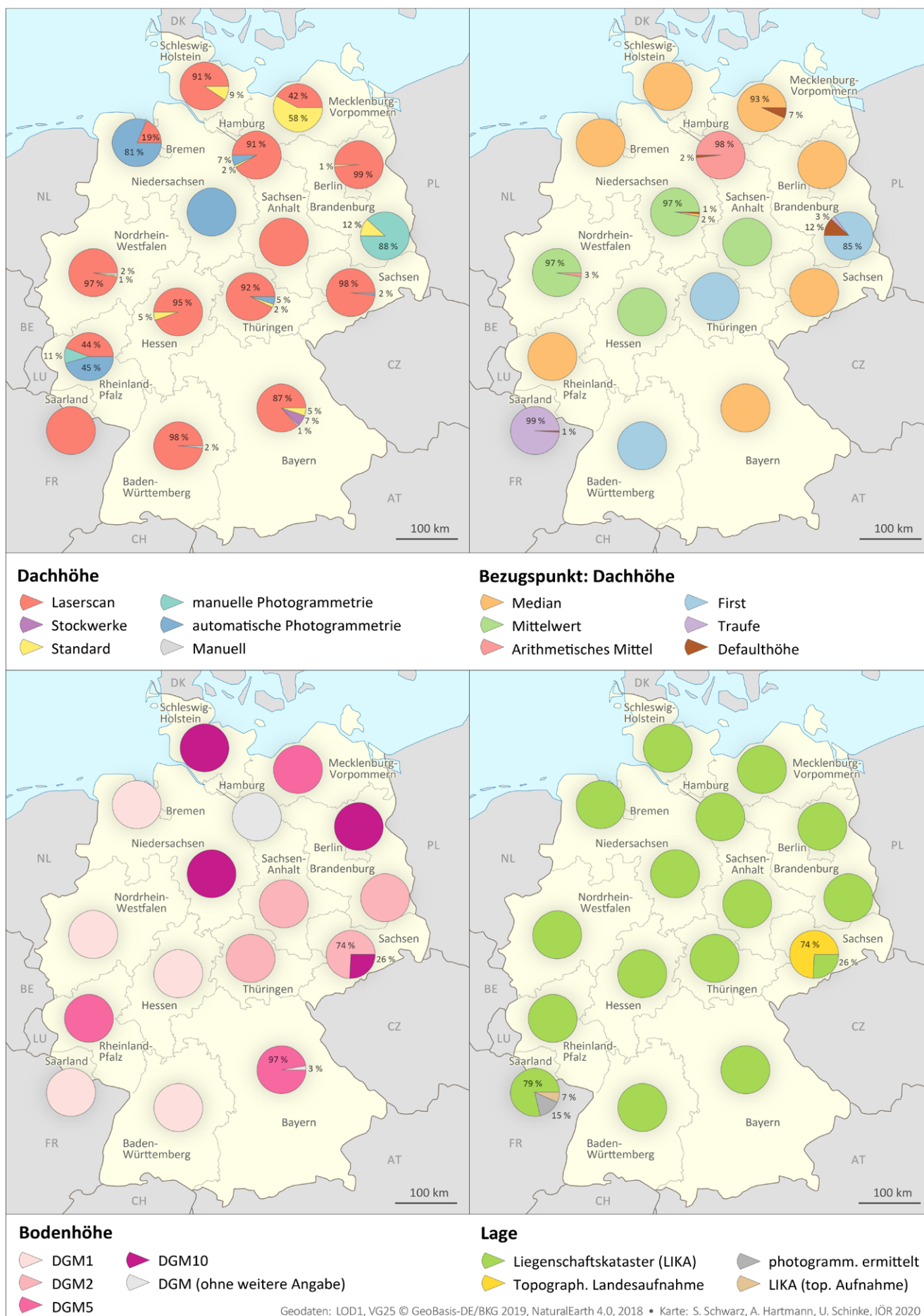


Abb. 1: Mengenverteilung der Merkmalsausprägungen der Metadaten auf Bundeslandebene 2018 (LoD1-DE)

Tab. 2: Methodennutzungsanteile nach Bundesländern für 2015 und 2018

Datenquelle		Dachhöhe						Lage						Bodenhöhe						Bezugspunkt: Dach					
		Laserscan	Stockwerk	Standard	manuelle Photogrammetrie	automatische Photogrammetrie	Manuell	Liegenschaftskataster (LIKA)	LIKA (top. Aufnahme)	photogrammetrisch ermittelt	Topograph. Landesaufnahme	DGM (ohne weitere Angabe)	DGM1	DGM2	DGM5	DGM10	DGM25*	Einzelmessung*	First	Mittelwert	Arithmetisches Mittel	Median	Traufe	Defaulthöhe	Fehlwert*
Baden-Württemberg	2015	99,6					0,4	100					100						100						
	2018	98,1				0,5	1,4	100					100						100						
	Diff.	-1,5				0,5	1,0	0					0,0						0						
Bayern	2015	90,5	2,9	5,9			0,7	100							100						100				
	2018	86,9	7,5	5,0			0,6	100				2,8			97,2						100				
	Diff.	-3,6	4,6	-0,9			-0,1	0				2,8			-2,8						0				
Berlin	2015		2,1			97,8		100							100						100				
	2018	98,6		1,4				100								100					100				
	Diff.	98,6	-2,1	1,3	0,0	-97,8		0							-100	100					0				
Brandenburg	2015			33,7	66,3			100						100					46,9				19,2	33,9	
	2018			12,0	88,0			100						100					85,0				2,7	12,3	
	Diff.			-21,6	21,6			0						0					38,1				-16,5	-21,6	
Bremen	2015	100						100					100								100				
	2018	18,6				81,4		100					100								100				
	Diff.	-81,4				81,4		0					0								0				
Hamburg	2015	92,6		0,5		6,9		100							100					99,5				0,5	
	2018	91,3		1,7		7,0		100				100								98,3				1,7	
	Diff.	-1,3		1,1		0,1		0				100			-100					-1,1				1,1	
Hessen	2015	100						100					100						100						
	2018	94,6		5,4				100					100						100						
	Diff.	-5,4		5,4				0					0						0						
Mecklenburg-Vorpommern	2015	97,0		3,0				100							100						97,0			3,0	
	2018	41,8		58,2				100							100						93,1			6,9	
	Diff.	-55,2		55,2				0							0						-4,0			4,0	
Niedersachsen	2015					100		100								100			93,0		4,2			2,9	
	2018					100		100								100			97,0		1,8			1,2	
	Diff.					0		0								0			4,0		-2,4			-1,6	
Nordrhein-Westfalen	2015	95,6	0,5	3,9				100								100					100				
	2018	97,3		1,2			1,4	100				100							97,5	2,5					
	Diff.	1,8	-0,5	-2,7			1,4	0				100				-100			97,5	2,5	-100				
Rheinland-Pfalz	2015	96,4		3,6				100									100					96,4		3,6	
	2018	43,8		0,3	10,6	45,3		100							100						100			-3,6	
	Diff.	-52,6		-3,3	10,6	45,3		0							100						100			-3,6	
Saarland	2015	100						80,4	7,1	12,5	0,0		100									94,7		5,3	
	2018	100						78,5	6,7	14,7	0,0		100									98,9	1,1	/	
	Diff.	0						-1,9	-0,4	2,3	0,0		0									4,2	1,1	-5,3	
Sachsen	2015	100						0,0			100			100							100				
	2018	98,2		0,1		1,7		25,7			74,3			74,3		25,7					100				
	Diff.	-1,8		0,1		1,7		25,7			-25,7			-25,7		25,7					0				
Sachsen-Anhalt	2015	100						100						100							100				
	2018	100						100						100						100	0,0				
	Diff.	0						0						0						100	-100				
Schleswig-Holstein	2015	94,7		5,3				100								100					94,7			5,3	
	2018	90,5		9,5				100								100					0,1	99,8		0,1	
	Diff.	-4,1		4,1				0								0					0,1	5,1		-5,2	
Thüringen	2015	42,5		6,0	51,5			100						4,4	53,1		42,5						100		
	2018	92,4		2,2	0,3	5,0		100						100					100						
	Diff.	50,0		-3,9	-51,2	5,0		0						95,6	-53,1		-42,5		100				-100		

* Ausprägungen sind 2018 abgeschafft

Stärke der Differenzwerte: Abnahme keine Differenz Zunahme

Tab. 3: Abweichungen von der höchstmöglichen LoD1-Jahresaktualität der Bundesländer

2018 Vertrieb durch ZSHH		2017 Vertrieb durch ZSHH		2016 Vertrieb durch ZSHH	
Bremen	2017	Rheinland-Pfalz	2016	Mecklenburg-Vorpommern	2015
Rheinland-Pfalz	2017	Sachsen	2016 (2015*)	Niedersachsen	2015 (2014*)
Schleswig-Holstein	2017	Niedersachsen	2015 (2014*)	Saarland	2015
Saarland	2017			Bremen	2014
Sachsen	2015				
Niedersachsen	2014				

Mit * gekennzeichnete Jahresangaben sind die nach Angaben der ZSHH wahrscheinlich realen Aktualitäten dieser Jahrgänge. In den Metadaten wird an dieser Stelle ein Fehler der damals zuständigen Behörde vermutet (Telefonische Nachfrage bei ZSHH).
Quelle: Metainformationen BKG

photogrammetrische Methoden bevorzugt werden, da damit der Aktualisierungsrhythmus kürzer gehalten werden kann. Auffällig in Hessen, aber besonders in Mecklenburg-Vorpommern ist, dass im Jahr 2018 gegenüber 2015 verstärkt die Kategorie Standard angegeben ist, die Höhenangabe also geschätzt wurde (Tab. 2).

Bezugspunkt Dachhöhe

Als Bezugspunkt für das Dach wird mehrheitlich der Mittelwert aller Höhenpunkte einer Gebäudegrundfläche genutzt, wobei im Datensatz von 2015 der Medianwert die am häufigsten genutzte Methode war (Tab. 1). Mit Blick auf die Bundesländer zeigt sich 2018 ein heterogenes Bild. Beispielsweise nutzen Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein ausschließlich die Methode Median. Thüringen kehrt sein Prinzip um und setzt statt Traufe nun auf die Methode First.

Zum Zeitpunkt der Analyse war der aus 2018 stammende Datensatz der aktuellste verfügbare. Zwischen den Daten von 2018 und 2019 ergeben sich nach erster Sichtung keine gravierenden Änderungen, sodass die Trends und Erkenntnisse dieses Artikels weiterhin Gültigkeit haben.

4 Diskussion von Metadateninformationen und Nutzerrelevanz

Im Zuge der Diskussion der Metadaten werden die Themen Datenaktualität, Heterogenität, Ergebnisinterpretation und Nutzungsrelevanz von 3D-Gebäudemodellen adressiert.

Die Untersuchung der Datenaktualität zeigte, dass der Großteil der Daten auf Bundeslandebene jeweils dem jüngsten Datenstand entspricht. Allerdings sind Zeitreihenbetrachtungen nicht in allen Bundesländern vollumfänglich möglich. Für das Jahr 2016 wurde ein einheitlicher Stichtag gewählt, welcher aus den Daten allerdings nicht weiter ersichtlich ist und schlussendlich mit dem Vertriebsdurch das BKG (verfügbar für Bundesbehörden und Zuwendungsempfänger) ab dem 27.01.2016 angegeben wird. In den darauffolgenden Jahren laufen die Datenstände uneinheitlich und weichen teils vom jüngsten Datenstand ab. Auffällig sind besonders Niedersachsen und Sachsen, welche zwischen 2015 und 2018 offensichtlich keine Aktualisierungen vorgenommen haben. In diesen beiden Bundesländern sinkt sogar die Datenaktualität von 2017 auf 2018. Auf Nachfrage bei der ZSHH wurde bestätigt, dass bei beiden Bundesländern seit der ersten Ableitung der LoD1-Daten keine aktuelleren Daten geliefert wurden, es handelt sich um eine Ungenauigkeit in den Metadaten im Zuge des Wechsels der zuständigen Behörde (ZSHH) von Nordrhein-Westfalen nach Bayern (von 2017 zu 2018). Die Datenaktualität kann für den Nutzer stets nur eine Orientierung sein, da der Zeitstempel der letzten Datenkachel dieses Datum bestimmt. Für das Einzelobjekt kann pauschal kein Aktualisierungsrhythmus genannt werden.

Interessiert den Nutzer, wann ein Objekt konkret das erste Mal erfasst oder wann es aktualisiert wurde, so kann bei den datenproduzierenden Stellen der Länder in Erfahrung gebracht werden, ob es zusätzliche Metadaten gibt. Die datenhaltenden Stellen sind nicht an den Mindestinhalt des AdV-Katalogs gebunden und können zusätzliche Informationen besitzen.

Änderungen der Erfassungsmethoden können zu bemerkbaren Unterschieden zwischen den Datenständen führen. Die Beurteilung der Auswirkungen ist vielschichtig. Bei Flachdächern spielt die verwendete Methode eine geringe Rolle, da sich die Werte in der Dachhöhe kaum unterscheiden. Für andere Dachformen ist die Dachhöhe aufgrund des Modellierungsansatzes als Klötzchenmodell nur ein sehr grobes Abbild der Realität und mit großen Unsicherheiten verbunden. Es konnte festgestellt werden, dass bei den verschiedenen zugrunde liegenden Erhebungs- und Prozessierungsmethoden unterschiedliche Entwicklungen über die Zeit zu beobachten sind. In Bezug auf die verwendeten Methoden zur Erfassung der Lage gab es kaum Veränderungen zwischen den Zeitschnitten. Ergänzend sei erwähnt, dass bei Untersuchungen in ausgewählten Gebieten Überlappungen und Duplikate von Polygonen gefunden wurden (Hartmann et al. 2016). Währenddessen zeichnet sich bei der Erfassung der Bodenhöhe ein dynamischeres Bild ab. Hier hat sich die Datenlage durch höher aufgelöste digitale Geländemodelle verbessert. Die Erhebungsmethoden Datenquelle Dachhöhe und Bezugspunkt Dachhöhe weisen unterschiedliche Dynamiken auf. Auf Bundesebene bleiben die Mengenanteile der Methoden der Datenquelle Dachhöhe konstant, wobei kleinere Veränderungen auf Ebene der Bundesländer zu beobachten sind. Keine wesentlichen Auswirkungen haben die deutlichen Veränderungen bei der Datenquelle Bezugspunkt Dachhöhe auf die von der AdV vorgegebene Höhengenaugigkeit von ± 5 m. Die verwendeten Methoden greifen immer mehr auf Mittelungsverfahren zurück, um die Höhe des Dachs aus den Messwerten zu definieren. Ebenso kann es für den Nutzer relevant sein, inwiefern es regional unterschiedliche Erfassungsmethoden gibt. Verwendet ein Bundesland unterschiedliche Erfassungsmethoden, so können selbst in einer Gemeinde oder Ortschaft benachbarte Objekte unterschiedliche Erfassungsmethoden aufweisen (exemplarische Untersuchung von Einzelbeispielen der LoD1-Daten von 2018). Besonders bei kleinräumigen Analysen, beispielsweise auf Stadtteilebene, können diese Effekte zu Verzerrungen der Analyseergebnisse führen. Die exemplarische Untersuchung zeigte auch, dass die Unterschiede keinem nachvollziehbaren räumlichen Muster folgen.

Welche Auswirkungen die unterschiedlichen Erfassungsmethoden auf die Gebäudehöhe bzw. das Gebäudevolumen und damit auch auf Gebäudeentwicklungsanalysen haben können, sei beispielhaft an Daten von Nordrhein-Westfalen beschrieben. In NRW änderte sich das zugrunde liegende digitale Geländemodell zwischen 2015 und 2018 von einem DGM10 zu einem DGM1. Damit wird die

Geländehöhe nicht mehr nur in 10×10 m großen Zellen ausgewiesen, sondern in 1×1 m Zellen. Auch änderte sich der Bezugspunkt der Dachhöhe von hauptsächlich Median zu Mittelwert. Eine vergleichende Analyse der NRW-Gebäudedaten von 2015, 2017 und 2018, in der Grundrisse selektiert wurden, die nahezu keine Formänderungen erfuhren und als unverändert angenommen wurden, ergab, dass die Gebäudehöhen von 2015 zu 2018 im Mittel um 0,77 m zunahmen. Das entspricht bei den betrachteten Objekten (ca. 7,5 Mio.) einem Zuwachs um ca. 15 %. Zwischen 2017 und 2018 beträgt der Unterschied im Durchschnitt immer noch 0,06 m (+1 %). Es ist weiterhin zu bedenken, dass die Aktualisierung der landesweiten Punktwolke durch turnusmäßige Erfassung abschnittsweise stattfindet. In Nordrhein-Westfalen erfolgt dies innerhalb von fünf Jahren (Bezirksregierung Köln 2021). Nicht alle Landesteile basieren auf Daten gleichen Erfassungsdatums. Laut Auskunft der ZSHH können bei unveränderten Objekturngen aufgrund einer neuerfassten Punktwolke Höhenänderungen auftreten. Der Objektgrundriss und die Höheninformation müssen nicht den gleichen Aktualitätsstand haben. Datennutzer sollten darum diese Datenaspekte bei der Interpretation ihrer Entwicklungsanalysen berücksichtigen und beachten, dass sich mehrere Effekte überlagern können.

Die Qualitätsinformationen der Metadaten und auch die Änderung der Methoden können für den Anwender bei unterschiedlichen Verwendungszwecken Relevanz erlangen und die Analyseergebnisse nachhaltig beeinflussen. Folgend wird die Anwenderrelevanz beispielhaft verdeutlicht. Die Einstufungen basieren auf Erfahrungen der Autoren im Bereich der Solarpotenzialanalyse. Beispielsweise ist bei einer deutschlandweiten Solarpotenzialanalyse (Besonnung Dach- und Fassadenfläche) wichtig, wie die zugrunde liegenden Daten erfasst und verarbeitet wurden. Unterschiedliche Methoden bei der Erfassung und Verarbeitung können erheblichen Einfluss auf die Gesamtkalkulation haben. Daher ist u. a. die Bedeutung der Metadaten als hoch einzustufen. Von leicht nachgeordneter Bedeutung wird in diesem Kontext u. a. bei der Aktualität der Daten ausgegangen. Datensätze werden sich beispielsweise in zwei aufeinanderfolgenden Jahren unterscheiden, bei einer deutschlandweiten Gesamtrechnung ist jedoch keine erhebliche Abweichung der Werte innerhalb des kurzen Zeitraums zu erwarten. Von noch geringerer Auswirkung auf die Gesamtkalkulation wird in diesem Beispiel bei der Kleinteiligkeit der Modellierung ausgegangen. Eine gröbere Modellierung kann im Einzelfall zu ungenauen Ergebnissen führen, für eine Gesamtkalkulation wie im verwendeten Beispiel sind jedoch keine gravierenden Auswirkungen auf die Ergebnisse zu erwarten. Für das jeweilige Anwendungsszenario kann eine Abwägung der zu beachtenden Dateneigenschaften also sinnvoll sein.

5 Fazit und Ausblick

In dem Beitrag wurden die amtlichen 3D-Gebäudemodelle (LoD1) von Deutschland über eine Metadatenanalyse auf Unterschiede zwischen Bundesländern und über die Zeit untersucht. Grundlage dafür waren die Gebäudemodelle von 2018 sowie der Zeitschnitt 2015 (erster verfügbarer Zeitschnitt). Fokus der Untersuchung waren die Metadateninformationen zur Datenquelle Lage, Datenquelle Bodenhöhe, Datenquelle Dachhöhe sowie Bezugspunkt Dach. Die Ergebnisse auf Bundeslandebene zeigen, dass die Datenquellen für Lage und Dachhöhe in Deutschland nahezu unverändert blieben. Deutliche Unterschiede sind bei den Erhebungsmethoden bei Bodenhöhe und Bezugspunkt Dach zu verzeichnen, die zu Inkonsistenz in räumlichen Vergleichen und Entwicklungsanalysen führen können. Illustriert wurde dies am Beispiel von Nordrhein-Westfalen. Dabei wurde auch darauf verwiesen, dass sich mehrere Effekte hinsichtlich der Erfassungsmethoden und der Datengrundlage überlagern können und der Objektgrundriss und Höheninformation nicht zwingend den gleichen Aktualitätsstand haben müssen. Im gesamtdeutschen Kontext geht der Trend über die Zeit zu höherer räumlicher Datenauflösung, aktuelleren Datenständen und zu höherer Datenqualität in Bezug auf weniger fehlende Werte (Attributwerte) und transparent nachvollziehbaren Erfassungsmethoden. Bis zur kleinsten räumlichen Einheit kann es Unterschiede in der Erfassung und den Methoden geben, die keinem erklärbaren räumlichen Muster folgen. So können auch für benachbarte Einzelobjekte unterschiedliche Erfassungsmethoden verwendet worden sein. Vor diesem Hintergrund sollte die Interpretation von Ergebnissen von Gebäudebestands- und Entwicklungsanalysen immer auch unter Berücksichtigung der Metadaten erfolgen, da die zugrunde liegenden Daten (Modelle und Erhebungsmethoden) erheblichen Einfluss haben können. Die Datenaktualität leidet derzeit noch unter dem langwierigen Datenfluss der Länder zur ZSHH und den dort laufenden Qualitätskontrollen und Homogenisierungen. Bisher wurden die LoD1-Datensätze jeweils durch ein eigenständiges Verfahren abgeleitet. Seit 2019 erfolgt die automatische Ableitung von LoD1-Daten nach Angaben der AdV direkt aus LoD2. Für LoD1 soll hierfür ein kontinuierliches Ableitungsverfahren eingeführt werden, sodass bei der ZSHH neben den LoD2 auch die LoD1-Daten zur Verfügung stehen werden. Inwieweit dies alle Bundesländer direkt umsetzen werden und ob stets auch das LoD1-Produkt zur Verfügung stehen wird, bleibt abzuwarten. Zudem gibt es länderspezifische Unterschiede bei den Ableitungsverfahren. Über den Prüfplan der AdV werden logische Fehler und Inkonsistenzen an die Länder gemeldet und die Korrektur erbeten (AdV 2020e). So soll in Zukunft die Datenqualität verbessert werden. Nicht alle Prüfkriterien führen allerdings automatisch zu einer Fehlermeldung. Beispielsweise werden Polygonüberlagerungen als Warnung angezeigt. Bei Untersuchungen in ausgewählten Gebieten wurden Überlappungen und Duplikate gefunden. Die Prüfroutinen sind teils bei den

Ländern integriert. Eine Erweiterung der Prüfkriterien mit Pflicht zur Nachbesserung im Fall von Abweichungen ist in Zukunft in Erwägung zu ziehen. Auch könnten die Länder das Aktualisierungsdatum lokal entsprechend der jeweiligen Datenerhebung vergeben und nicht einheitlich für das ganze Bundesland wie bisher. Derzeit ist nur zu entnehmen, wann das jeweilige Bundesland seine Daten an die zentrale Datenverwaltungsstelle ZSHH übermittelt hat. Weiterhin wären in den Produktstandards zukünftig detailliertere Beschreibungen der Erfassungsmethoden wünschenswert. Laut Aussage der ZSHH sind seit 2019 bundesweit erstmals auch LoD2-Daten angeboten. Durch die Einbeziehung der Dachform ergeben sich vertiefende Analysemöglichkeiten (Solarpotenzial, Ausbaupotenziale usw.), wobei auch der Detailierungsgrad und die Komplexität der Modellierung steigen.

Literatur

- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2014): Produktstandard für 3D-Gebäudemodelle (11.08.2014).
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2016): AdV-CityGML-Profil für 3D-Gebäudemodelle Ergebnisse der PG »3D-Geobasisdaten« der AdV (30.11.2016). www.adv-online.de/AdV-Produkte/Weitere-Produkte/3D-Gebaeudemodelle-LoD/binarywriterservlet?imgUid=f760754e-b81c-c514-611d-1565d1cbf297&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111, letzter Zugriff 02.06.2020.
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2017): Produktstandard für 3D-Gebäudemodelle (21.02.2017).
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen und der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2019): Sachstand der Migration. www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/ALKIS/, letzter Zugriff 16.09.2019.
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen und der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2020a): www.adv-online.de/Wir-ueber-uns/, letzter Zugriff 02.06.2020.
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen und der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2020b): www.adv-online.de/AdV-Produkte/Weitere-Produkte/3D-Gebaeudemodelle-LoD/, letzter Zugriff 02.06.2020.
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2020c): Produktblatt 3D-Gebäudemodelle LoD1. www.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/Produktblaetter/binarywriterservlet?imgUid=a432cda7-7ad9-f61f-e302-c303b36c4c2e&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111, letzter Zugriff 02.11.2020.
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen und der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2020d): Produkt- und Qualitätsstandard für 3D-Gebäudemodelle. Bearbeitungsstand: 16.06.2020. www.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/Standards-der-Geotopographie/binarywriterservlet?imgUid=2da69114-249e-4711-1fea-f5203b36c4c2&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111, letzter Zugriff 19.02.2021.
- AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2020e): Prüfplan für Gebäudemodelle LoD1/LoD2 Ergebnis der Projektgruppe 3D-Geobasisdaten der AdV (19.11.2020). www.adv-online.de/AdV-Produkte/Weitere-Produkte/3D-Gebaeudemodelle-LoD/binarywriterservlet?imgUid=a1650d07-89d3-f571-11fe-af5203b36c4c&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111, letzter Zugriff 12.01.2021.
- Aringer, K., Hümmer, F. (2011): Die dritte Dimension im Kataster – Aufbau eines landesweiten Gebäudemodells am Beispiel Bayerns. In: *zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, Heft 4/2011, 136. Jg., 210–218.
- Bezirksregierung Köln (2021): 3D-Messdaten. www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/hoehenmodelle/3d-messdaten/index.html, letzter Zugriff 22.02.2021.
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanov, S., Çöltekin, A. (2015): Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2015, 4, 2842–2889. DOI: 10.3390/ijgi4042842.
- Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J., Vosselman, G. (2016): The variants of an LOD of a 3D building model and their influence on spatial analyses. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 116, 42–54.
- Hartmann, A., Meinel, G., Hecht, R., Behnisch, M. (2016): A Workflow for Automatic Quantification of Structure and Dynamic of the German Building Stock Using Official Spatial Data. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2016, 5, 142. DOI: 10.3390/ijgi5080142.
- Heitmann, S. (2011): Das neue Geobasisprodukt 3D-Gebäudestrukturen. In: Meinel, G., Schumacher, U. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung – Analyse – Bewertung*. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 58, 135–140. www.ioer.de/fileadmin/internet/IOER_schriften/IOER_Schrift_58.pdf, letzter Zugriff 15.01.2021.
- Jahn, A. (2014): Bilanzierung des sächsischen Gebäudebestands anhand neuester 3D-Gebäudedaten. Masterarbeit, 2014. Technische Universität Dresden.
- Jahn, A., Hecht, R., Meinel, G. (2015): 3D-Gebäudemodelle – Grundlage siedlungsstruktureller Analysen am Beispiel Sachsens. In: Meinel, G., Schumacher, U., Behnisch, M., Krüger, T. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien*. Berlin: Rhombos-Verlag, (IÖR-Schriften; 67), 233–243.
- Kolbe, T. H., Czerwinski, A., Nagel, C. (2008a): OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Nr. OGC 08-007r1, Open Geospatial Consortium Inc.
- Kolbe, T. H. (2008b): Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In: Lee, J., Zlatanov, S. (Hrsg.): *3D Geo-Information Sciences*. Springer.
- Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) (2020): Geobasisinformation und Vermessung – Liegenschaftskataster. www.landesvermessung.sachsen.de/liegenschaftskataster-3978.html, letzter Zugriff 14.05.2020.
- Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes über die Landesvermessung und das Liegenschaftskataster – 2. DVOzVermKatG NW (1993): recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=2&gld_nr=7&ugl_nr=7134&bes_id=3634&aufgehoben=J&menu=1&sg=0, letzter Zugriff 14.05.2020.

Kontakt

Steffen Schwarz, s.schwarz@ioer.de
 André Hartmann, a.hartmann@ioer.de
 Robert Hecht, r.hecht@ioer.de
 Martin Schorch, m.schorch@ioer.de
 Gotthard Meinel, g.meinel@ioer.de
 Martin Behnisch, m.behnisch@ioer.de
 Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V.
 Weberplatz 1, 01217 Dresden

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaesie.info.