

Die dritte Dimension im Kataster – Aufbau eines landesweiten Gebäudemodells am Beispiel Bayerns

Klement Aringer und Frank Hümmer

Zusammenfassung

Zur Erstellung von landesweit flächendeckenden 3D-Gebäudemodellen sind die Geobasisdaten der Vermessungsverwaltungen der Länder unverzichtbar. Anhand der Gebäudemodellierung des bundesweit einheitlichen Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS®) wird dargestellt, welchen Stellenwert das Liegenschaftskataster zukünftig bei 3D-Gebäudemodellen einnehmen kann. Am Beispiel Bayerns wird der Aufbau eines landesweiten Gebäudemodells im Level of Detail (LoD) 1 und 2 aufgezeigt. Auf Basis vorhandener Geobasisdaten wird ein vollautomatischer Herstellungs- und Fortführungsprozess für ein einfaches Klötzchenmodell (LoD 1) vorgestellt. Für den LoD2 werden die Synergieeffekte zwischen 3D-Gebäudemodellen und dem Liegenschaftskataster erläutert.

Summary

For the production of statewide 3D-building models, the basic geodata of the surveying authorities of the Länder are essential. The potential and the value of the real estate cadastre become obvious when regarding the official modeling guidelines of the germanwide standard Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS®). The production of statewide 3D-building models in Level of Detail (LoD) 1 and 2 is shown by the example of the Land of Bavaria. Based on available basic geodata a fully automatic production and updating process was developed. The publication illustrates this process, its functionality is explained by the example of a simple 3D-building-cube (LoD 1). Concerning LoD2 the synergies between 3D-building models and the real estate cadastre are described.

Schlagworte: 3D-Gebäudemodell, AdV, ALKIS®, Bayern

1 Einleitung

Über Jahrhunderte war die zweidimensionale Landkarte das bevorzugte Medium zur Abbildung der Erdoberfläche. Mit dem Siegeszug der Computertechnik wurden Berechnungen, Simulationen und Darstellungen auch in der dritten Dimension möglich. Das Verlangen, unsere Erdoberfläche möglichst realistisch dreidimensional darzustellen, ist demnach nur natürlich.

Der Trend zu immer exakteren Darstellungen wird durch leistungsfähige Rechenalgorithmen und Rechnerleistung getragen und schreitet unaufhaltsam voran.

Gebäude und Bauwerke sind prägende topographische Bestandteile der Erdoberfläche, die bei der Virtualisierung in der dritten Dimension unabdingbar sind.

Als Produzent von Geobasisdaten leisten die staatlichen Vermessungsverwaltungen der Länder hierzu einen wichtigen Beitrag. Geobasisdaten sind unverzichtbare Grundlage für Planung, Dokumentation und Entscheidung in Verwaltung, Rechtspflege, Wirtschaft, Bildung und im privaten Bereich. Einheitlichkeit, Flächendeckung und hohe Aktualität sind ihre herausragenden Qualitätsmerkmale. Amtliche Geobasisdaten werden der Wirtschaft zur weiteren Wertschöpfung zur Verfügung gestellt. Sie eröffnen damit Raum für Innovationen sowie neue Produkte und Anwendungen. Ihre Erhebung und Verbreitung liegt im öffentlichen Interesse. Sie sind nicht nur Arbeitsmittel, sondern auch Treiber für den Geodatenmarkt (AdV 2011b).

Gebäudemodelle aus Oberflächendaten oder Stereobildern in unterschiedlichen Detailstufen abzuleiten, ist seit längerem Thema der wissenschaftlichen Forschung, z.B. Brenner (2000). Lösungsansätze sind vorhanden und fanden in den letzten Jahren Eingang in kommerzielle Softwareprodukte. Gleichzeitig steigt die Nachfrage nach Produkten aus dem Bereich Gebäude- und Stadtmodelle spürbar.

Zielgruppen und Anwendungen für digitale Stadtmodelle mit 3D-Gebäudestrukturen waren bereits Gegenstand verschiedener Untersuchungen, z.B. SIG 3D (2003). Sie werden vor allem in den folgenden Bereichen eingesetzt:

- Moderne Stadt- und Regionalplanung ist ohne 3D-Visualisierung der künftigen Bebauung und die Darstellung verschiedener Szenarien, wie z.B. Verschattungsanalysen nicht mehr denkbar (Abb. 1).



Abb. 1: 3D-Gebäude mit Bebauungsplan

- Die Denkmalpflege verwendet sie, um Sichtlinien und die Wirkung von Baumaßnahmen auf Ensembles zu berechnen.
- Ver- und Entsorgungsunternehmen nutzen 3D-Gebäudemodelle für Energiebedarfsanalysen.
- Im Umweltschutz werden vielfältige 3D-Szenarien berechnet und dargestellt, wie z.B. die Emissionsausbreitung von Stoffen aller Art, Analysen des Lärm- und Lichtschutzes, Erosionsberechnungen sowie dem Grundwasser- und dem Hochwasserschutz dienende Simulationen.
- Die Funknetzplanung der Mobilfunkbetreiber verwendet 3D-Gebäude zur Netzoptimierung.
- Die Hersteller von Ortungs- und Navigationsgeräten setzen auf einen hohen Wiedererkennungswert bei der Fahrzeugsteuerung oder der Darstellung auf mobilen Endgeräten, indem die Topographie einschließlich der Gebäude dreidimensional angezeigt wird.
- Die Kartographie nutzt 3D-Gebäude in Form transparenter Klötzchen in Karten oder bei Visualisierungen im Web.
- 3D-Simulationen werden zu Trainingszwecken und zur Schonung der Umwelt in der Luftfahrt und beim Militär eingesetzt.
- Versicherungsunternehmen wiederum setzen 3D-Gebäudemodelle zur Risikoabschätzung ein.
- Die Nutzung vorhandener Modelle geringer Detailstufen führt beim Aufbau von hochwertigen fotorealistischen Gebäudemodellen zu einer Reduzierung der Herstellungskosten. Die kommunale Wirtschafts- und Tourismusförderung nutzt solche Modelle zu Marketingzwecken.

2 Dreidimensionale Gebäude im Liegenschaftskataster

Die Detailstufen der Gebäudedarstellungen werden aufsteigend als LoD (Level of Detail) bezeichnet. Im LoD 1, auch Blockmodell oder »Klötzchenmodell« genannt, werden die Gebäude aus einem Gebäudegrundriss und einer für das Gebäude einheitlichen Höhe gebildet (Abb. 2). Dachformen werden nicht berücksichtigt, d.h. alle Gebäude erhalten einheitlich ein Flachdach (AdV 2011c).

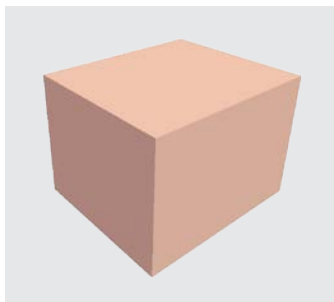


Abb. 2:
Gebäudemodell
im LoD 1

Im LoD 2 erhält jedes Gebäude approximierte Dachformen aus einem Katalog von Standarddächern. Diese sind entsprechend der tatsächlichen Firstrichtung und -länge ausgerichtet (AdV 2011c). Ihre Form, Neigung und Höhe wird bestmöglich bestimmt. Das 3D-Objekt setzt sich aus klassifizierten Flächen (Grund-, Wand-, Dach- und Abschlussflächen) zusammen. Markante Unterschiede in den Dachformen sowie den Kanten werden durch Bildung mehrerer Dachformen realisiert. Auf Dachaufbauten, Gauben und Schornsteine wird verzichtet (Abb. 3).

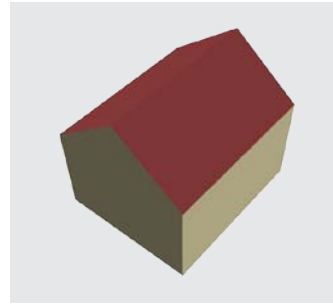


Abb. 3:
Gebäudemodell
im LoD 2

Punktuell existieren bereits – vor allem im Bereich von Städten – eine Vielzahl von Stadtmodellierungen unterschiedlicher Zweckbestimmung, Detaillierung, Vollständigkeit und Aktualität. Mit einer weiteren Zunahme ist zu rechnen. Die Vermessungsverwaltungen der Länder führen im Liegenschaftskataster einen flächendeckenden Nachweis der Liegenschaften ihres Staatsgebiets, einschließlich der Gebäude.

Neben der klassischen Hauptfunktion als amtliches Verzeichnis der Grundstücke für den Eigentumsnachweis im Grundbuch übt das Liegenschaftskataster eine in allen Ländern gesetzlich verankerte Basisfunktion für andere Bereiche aus. So soll das Liegenschaftskataster den Anforderungen des Rechtsverkehrs, der Verwaltung und der Wirtschaft gerecht werden und insbesondere die Bedürfnisse der Landesplanung, der Bauleitplanung, der Bodenordnung, der Ermittlung von Grundstückswerten sowie des Umwelt- und des Naturschutzes angemessen berücksichtigen (AdV 2011b). Das Liegenschaftskataster ist daher prädestiniert, flächendeckend 3D-Gebäudemodelle nachzuweisen.

Die Inhalte des Liegenschaftskatasters werden im Liegenschaftsbuch, dem beschreibenden textlichen Teil und der Liegenschaftskarte, dem darstellenden grafischen Teil, geführt. Derzeit werden die Daten des beschreibenden und des darstellenden Teils auf Basis des von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV) entwickelten Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS®) als Teil des AAA®-Referenzmodells (AFIS®, ALKIS®, ATKIS®) in Objekten zusammengefasst. ALKIS® wurde in einigen Bundesländern bereits eingeführt, wie z.B. in Hessen.

Die in der AdV vertretenen Vermessungs- und Katasterverwaltungen haben daher einheitliche Standards für die Führung und Bereitstellung von Gebäudemodellen festgelegt. Es wurde beschlossen, dass die Erfassung,

die Modellierung und der Nachweis der Gebäude für die geotopographische Landesaufnahme und die Führung des Liegenschaftskatasters Kernaufgaben des amtlichen Vermessungswesens sind. Dazu gehört auch »die dritte Dimension« (AdV 2011d).

Bezüglich 3D-Gebäudemodellen wird angestrebt, in einer ersten Realisierungsstufe die Gebäude im LoD 1 auf Grundlage des Gebäudebestands des Liegenschaftskatasters als Klötzchenmodell bundesweit einheitlich ab dem Jahr 2013 bereitzustellen. Die Vermessungsverwaltungen haben sich zum Ziel gesetzt, im Anschluss daran ein flächendeckendes 3D-Gebäudemodell im LoD 2 zu realisieren. Höhere Detailstufen (LoD 3 und 4) werden derzeit in der AdV nicht verfolgt.

3 Das Gebäude im ALKIS®-Modell

Die Vermessungsverwaltungen führen die Gebäude bisher in ihrer Lage mit beschreibenden Attributen in der Amtlichen Liegenschaftskarte (ALK) bzw. in Bayern in Form der digitalen Flurkarte (DFK).

Im ALKIS®-Modell wird ein Gebäude mittels der Flächenobjekte »Gebäude« und »Bauteil«, der linienförmigen Objekte »Firstlinie« und »Besondere Gebäudelinie« sowie des punktförmigen Objektes »Besonderer Gebäudepunkt« (First-, Trauf- oder Eingangspunkt) beschrieben. Diese 2D-Objektarten ergeben sich durch senkrechte Projektion aller für den Grundriss relevanten Bestandteile auf die Rechenfläche. Alle Objektarten enthalten zusätzliche Attribute, die weitere Auskünfte über ihre Eigenschaften tragen (AdV 2011a).

Charakteristische Merkmale eines Gebäudes, die gegenüber der Objektart »Gebäude« abweichende bzw. besondere Eigenschaften enthalten, sind als zum Gebäude gehörende Bauteile modelliert. Abb. 4 zeigt ein Gebäude mit einem von der prägenden Gebäudehöhe abweichenden (geringer geschossigen) Teil-Erker. Dieser wird als Bauteil innerhalb des Gebäudegrundrisses dargestellt.

Unter Anwendung des ALKIS®-Signaturenkataloges werden die Produkte des Liegenschaftskatasters automa-

tisch generiert. Am Beispiel der Liegenschaftskarte ist zu erkennen, dass die 2D-Objektarten bereits Informationen enthalten können, die das Gebäude in seiner dreidimensionalen Gestalt definieren. Hierzu gehören die Dachform, die Firstlinie, die Angabe der Anzahl der oberirdischen Geschosse und die Objekthöhe.

Um dreidimensionale Gebäudeobjekte vollständig im Liegenschaftskataster führen zu können, ist jedoch eine Erweiterung des bestehenden AAA®-Modells um die 3D-relevanten Informationen LoD 1 und LoD 2 notwendig. Die erforderlichen 3D-Basisklassen wurden bereits im Rahmen der GeoInfoDok-Version 6.0 ergänzt. Die Modellierung eines AAA®-konformen 3D-Fachschemas ist derzeit in Bearbeitung. Eine Veröffentlichung ist im Rahmen der nächsten GeoInfoDok-Version vorgesehen.

Die Überlegungen der AdV gehen derzeit in die Richtung, das vorhandene AAA®-Fachschemata der 2D-Objektarten »Gebäude« und »Bauteil« unverändert zu belassen und lediglich um 3D-Objektarten zu erweitern; eine Redundanz der Geometrie wird hingenommen.

Der Verzicht auf eine gemeinsame (Gebäude-)Oberklasse, aus der die 2D- und 3D-Objektarten abgeleitet werden, hat den Vorteil, dass das aktuell vorhandene AAA®-Fachschemata nicht geändert werden muss. Damit ist die Rückwärtskompatibilität sichergestellt und anschließende Modelltransformationen werden vermieden, falls ein Bundesland vorerst darauf verzichtet, 3D-Informationen zu führen.

Für die Modellbildung des amtlichen Vermessungswesens in Deutschland ist wesentlich, dass der Grundriss der LoD 1- und LoD 2-Modelle grundsätzlich aus dem Gebäudgrundriss entsprechend der Dokumentation im Liegenschaftskataster abgeleitet wird. Das ist nicht selbstverständlich. So hat die Schweiz ihren 3D-Gebäudebestand aus einer photogrammetrischen Auswertung gewonnen, wobei der Grundriss der Modelle durch das senkrecht in die Ebene projizierte Dach (einschließlich des Dachüberstands) bestimmt ist. Das AdV-Modell erlaubt sowohl die Führung von Dachtraufen als auch deren Verzicht (vereinfachtes Modell mit Begrenzung der Dachflächen am Gebäudgrundriss).

Um bereits vor der Einführung der nächsten GeoInfoDok-Version handlungsfähig zu sein, wurde für die Gebäudemodelle LoD 1 und LoD 2 ein AdV-CityGML-Profil¹ erstellt. Auf dieser Basis können die Länder schon heute beginnen, Gebäudemodelle aufzubauen. Eine spätere Migration in das AAA®-Datenmodell ist sichergestellt. Das Profil ergibt sich als Reduktion des CityGML 1.0-Schemas mit verbindlichen Definitionen zu Inhalten und entsprechenden Wertelisten.

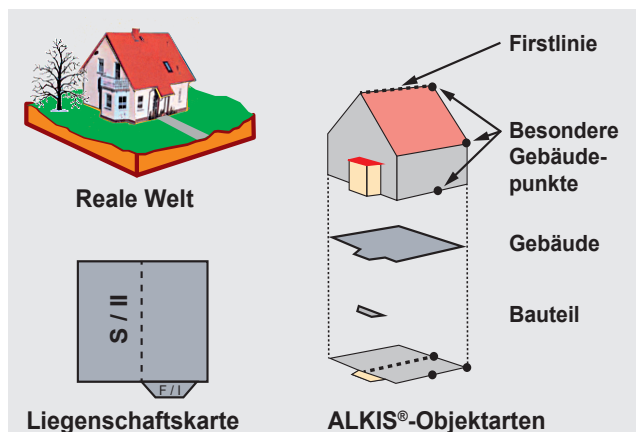


Abb. 4: Objektarten des Gebäudes in ALKIS®

¹ Die *City Geography Markup Language (CityGML)* ist ein GML-Anwendungsschema zur Speicherung und zum Austausch von virtuellen 3D-Stadtmodellen. CityGML ist seit dem 13. August 2008 ein OGC-Standard. Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/City_Geography_Markup_Language.

Damit sind die Vermessungsverwaltungen bereits jetzt in der Lage, einen weiteren Baustein der flächendeckenden amtlichen Geodatenbasis bereitzustellen. Die Gebäude des Liegenschaftskatasters stellen – wie für das Produkt »Hausumringe« – eine optimale Grundlage für den Aufbau und die Führung von 3D-Gebäudemodellen dar, die insbesondere für 3D-Stadtmodellierungen und 3D-Projekte genutzt werden können.

4 Besondere Herausforderungen einer landesweiten Gebäudeableitung

Die Vorgehensweise zur Erstellung von landesweiten Gebäudemodellen ist weitgehend mit der von einzelnen Stadtmodellen vergleichbar. Gebäudemodelle für ein gesamtes Staatsgebiet zu erstellen bedingt jedoch besondere organisatorische und technische Rahmenbedingungen:

- Die Anzahl der Gebäude geht sehr schnell in die Millionen. In Bayern befinden sich auf einer Fläche von 70.500 km² aktuell ca. 8,1 Millionen Gebäude und Überdachungen (Bauwerke).
- Die Flächendeckung des aufzubauenden Geobasisdatenbestandes ist möglichst schnell sicherzustellen.
- Sowohl Grundriss-, als auch Höheninformationen sind durch stetige Fortführung zu aktualisieren.
- Eine hohe Genauigkeit der Grundrissgeometrie ist durch Übereinstimmung mit den Inhalten des Liegenschaftskatasters zu gewährleisten. Dieser Aspekt ist gerade hinsichtlich der Fortführung bedeutsam.
- Die Datenbereitstellung muss in standardisierten Formaten erfolgen, die eine unmittelbare Nutzung und Weiterveredelung ermöglichen.

5 LoD 1- und LoD 2-Realisierung in der Bayerischen Vermessungsverwaltung

In Bayern wurde bereits im Jahr 2009 beschlossen, landesweit flächendeckende 3D-Gebäudemodelle abzuleiten und fortzuführen. Bei 8,1 Millionen Gebäuden kommt es in einem ersten Schritt nicht auf eine möglichst hohe Detaillierung der Gebäude an, sondern vielmehr auf eine rasche Flächendeckung. Gemäß den Beschlüssen der AdV wurde in Bayern zunächst ein einfaches Klötzchenmodell (im LoD 1) mit mittlerer Höhe und Flachdach realisiert. Der LoD 1-Datenbestand ist in Bayern seit Mai 2010 im Vertrieb verfügbar und kann über das Landesamt für Vermessung und Geoinformation bezogen werden. In einem zweiten Schritt wird ab Ende 2011 mit der Ableitung des LoD 2 begonnen.

Neben Bayern sind auch in anderen Ländern Aktivitäten der Vermessungsverwaltungen beim Aufbau von LoD 2-Gebäudemodellen zu beobachten, wie z.B. in Sachsen, Hessen, Rheinland-Pfalz und Mecklenburg-Vorpommern sowie den Stadtstaaten Hamburg und Berlin.

5.1 Gebäudemodell LoD 1

Ziel in Bayern war es, einen vollautomatischen Herstellungsprozess zu entwickeln, der eine hundertprozentige Flächendeckung auf Basis aller Gebäude der amtlichen Flurkarte erreicht.

Die Grundrisse entsprechen dabei exakt der Geometrie in der amtlichen digitalen Flurkarte. Für die Höhenbestimmung wurde ein Verfahren gewählt, das die bestmögliche Höhe aus allen zur Verfügung stehenden nutzbaren Informationen bestimmt. Diese Vorgehensweise wurde bereits im Jahr 2007 in Nordrhein-Westfalen erfolgreich eingesetzt (Heitmann 2007).

Soweit verfügbar, wurde die mittlere Dachhöhe aus Laserscanningdaten abgeleitet. Hierzu wurde der Median als robuster Mittelwert aus allen innerhalb des Gebäudegrundrisses liegenden Laserscanningdaten berechnet. Die Bodenhöhe des Gebäudes wurde durch Verschneidung des Grundrisses mit dem digitalen Geländemodell (DGM) ermittelt. Die Differenz aus beiden Absoluthöhen lieferte schließlich die Höhe des Klötzchens. Sie repräsentiert dabei weder eine exakte First- noch eine Traufhöhe, sondern eine für das gesamte Gebäude gültige »mittlere« Höhe. Konnte keine Höhe aus Laserscanningdaten berechnet werden, weil das Gebäude erst nach der Befliegung errichtet wurde, oder weil für das Gebiet noch keine Laserscanningdaten vorlagen, wurde nach Stockwerksangaben in der digitalen Flurkarte gesucht. In diesem Fall wurde die Höhe durch Multiplikation der Stockwerksangabe mit dem Faktor 3,5 (Meter) berechnet. Sind keine derartigen Informationen vorhanden, wurden Standardhöhen in Abhängigkeit von der Grundfläche von drei bzw. neun Metern angesetzt.

Abb. 5 zeigt das Ergebnis des Ableitungsprozesses mit hinterlegtem DGM und digitalem Orthophoto. Gebäude mit Höhen aus Laserscanningdaten sind ockerfarben eingefärbt, während Gebäude mit Standardhöhen in roter und Gebäude aus Stockwerksangaben in grüner Farbe dargestellt sind.

Um den visuellen Gesamteindruck dieses vollautomatisch abgeleiteten Datenbestandes zu überprüfen, wurden die Datenbestände einer vollständigen visuellen Qualitätssicherung durch die staatlichen Vermessungsämter



Abb. 5: Ergebnis der LoD 1-Ableitung

unterzogen. Die Gebäudedaten wurden hierzu gemeindeweise ausgespielt und mittels der Software Google Earth visualisiert. Vereinzelt grobe Höhenfehler – vorzugsweise bei »Points Of Interest (POI)« – konnten auf diese Weise mit der Software Google Earth interaktiv behoben werden.

In Bayern wird das Gebäudemodell bis zur Einführung von ALKIS® in einer eigenen Datenbank parallel zur digitalen Flurkarte geführt. Dies war notwendig, da für jedes Gebäudeobjekt zusätzliche Attribute gespeichert werden müssen, die im Altsystem nicht verwaltet werden können. Auf diese Weise konnten die Modellierungsvorgaben der AdV an das bundesweit aufzubauende einheitliche Produkt »Gebäudemodell LoD 1« umgesetzt werden. Eine anschließende Migration in das ALKIS®-Modell ist hierdurch sichergestellt.

Jedes Gebäudeobjekt besitzt neben seiner Grundrissgeometrie noch weitere Attribute zu Qualität, Datenherkunft, Beschrieb und absoluten Höheninformationen.

Aufgrund der Nutzung unterschiedlicher Datenquellen ist die Höhenqualität der LoD 1-Gebäude insgesamt als inhomogen zu beurteilen. Einerseits wurden verschiedene Datenquellen (Laserscanningdaten, Stockwerksangaben, Standardhöhen) zur Höhenbestimmung verwendet, andererseits ist die Qualität der Laserscanningdaten in ihrer Aktualität und Punktdichte uneinheitlich. Diese Abstriche wurden jedoch zugunsten einer schnellen Flächendeckung bewusst in Kauf genommen. Die Information, welche Datenquelle zur Höhenbestimmung verwendet wurde, trägt jedes Gebäudeobjekt als Attribut.

Da zum Zeitpunkt der Erstableitung noch nicht für alle Gebiete Bayerns Laserscanningdaten vorlagen bzw. die DGM-Produktion für diese Gebiete noch nicht abgeschlossen war, enthielt das Gebäudemodell anfangs noch Gebiete, die ausschließlich Standardhöhen aufwiesen.

Abb. 6 zeigt die prozentuale Verteilung der abgeleiteten Höhen aus Laserscanningdaten nach der Erstableitung. In dunkelroter Einfärbung sind die Gebiete erkennbar, die überwiegend Standardhöhen enthalten.

Diese dunkelroten Gebiete wurden in den Jahren 2009 und 2010 beflogen. Die grünen Polygone zeigen die Fluglose mit neuen Laserscanningdaten und abgeschlossener DGM-Produktion. Für diese Gebiete wurde im Mai 2011 die Fortführung des Gebäudemodells LoD 1 durchgeführt, sodass seither flächendeckend Gebäude-

höhen sehr guter Qualität überwiegend aus Laserscanningdaten vorliegen.

Zur Fortführung des Gebäudemodells LoD 1 wurde ein vollautomatisches zweistufiges Verfahren entwickelt:

1) Aktualisierung der Grundrisse und Sachdaten der LoD 1-Gebäude aus dem Liegenschaftskataster

Die Übereinstimmung der vorhandenen Grundrisse und Sachdaten zwischen Liegenschaftskataster und Gebäudemodell LoD 1 wird automatisch geprüft und liefert im Ergebnis einen Veränderungsstatus für jedes Gebäude. Nicht höhenrelevante Änderungen der Sachdaten, wie z. B. die Gebäudefunktion, werden direkt in das Gebäudemodell übernommen. Änderungen der Stockwerksangaben lassen jedoch auf eine Änderung der Gebäudehöhe schließen und müssen bei der Fortführung berücksichtigt werden.

Falls sich der Grundriss und/oder die Stockwerksangabe des Gebäudes geändert haben, werden die Auswirkungen auf die Geometrie des LoD 1-Gebäudes (in Lage und Höhe) entsprechend einem vereinbarten Regelwerk behandelt.

In diesem Fall wird einerseits der Grundriss aktualisiert und andererseits für das Gebäude eine Höhe aus allen vorhandenen Informationen des Gebäudemodells LoD 1 und des Liegenschaftskatasters (Stockwerksangabe) bestimmt. Bereits vorhandene und als plausibel klassifizier-

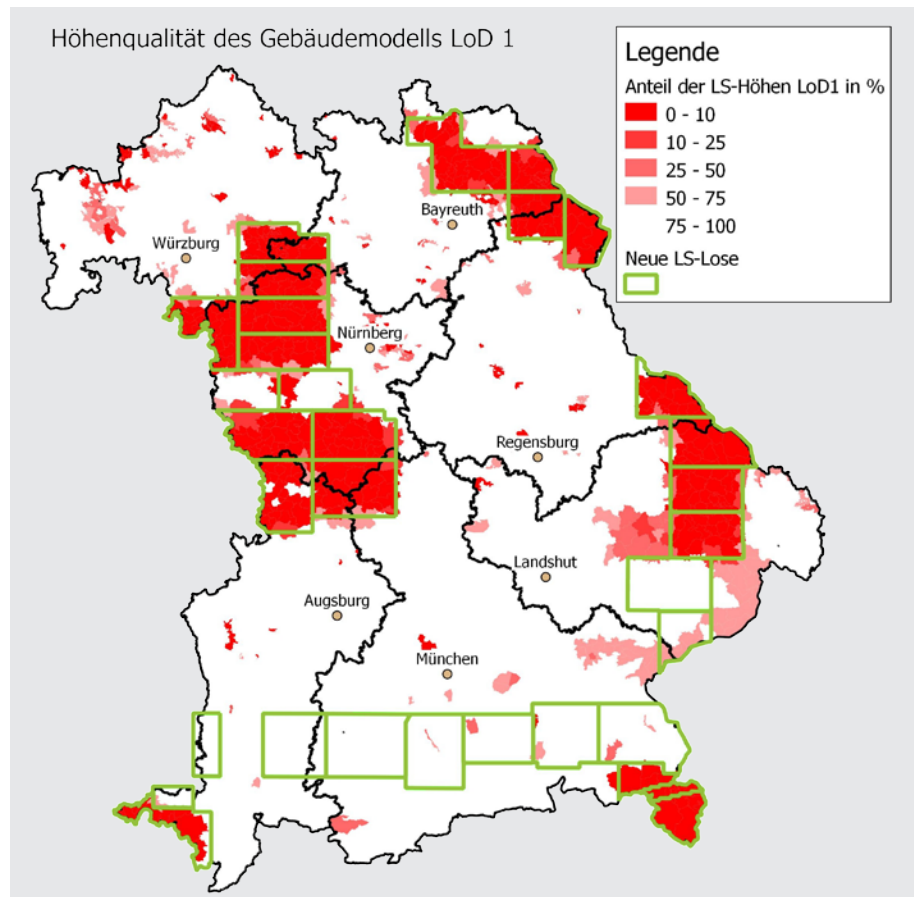


Abb. 6: Prozentualer Anteil der Gebäudehöhen aus Laserscanningdaten

te Laserscanninghöhen aus der Erstableitung werden auf den geänderten Grundriss übertragen. Auf eine Nutzung der Laserscanningdaten (Punktwolke) zur punktuellen Neuableitung des Gebäudes wird aufgrund des Aufwands und des Alters der Laserscanningdaten verzichtet.

Da für neu errichtete Gebäude keine Laserscanningdaten vorliegen können, wurden die Vermessungsämter angewiesen, bei Gebäudeeinemessungen zusätzlich die Stockwerksangaben zu erfassen und in die digitale Flurkarte einzutragen. Höhenangaben können im System der digitalen Flurkarte nicht geführt werden. Dies ist erst nach Einführung von ALKIS® in Bayern Ende 2012 mittels des Attributs »Objekthöhe« möglich. Jedoch können die Stockwerksangaben zur Höhenbestimmung der LoD 1-Gebäude automatisiert genutzt werden.

In der Praxis werden folgende Fortführungsfälle behandelt:

- a) *Als identisch identifiziertes Gebäude ohne Änderung der Stockwerksangabe:*
In diese Gruppe fallen sowohl Gebäude mit unveränderter Grundrissgeometrie als auch Gebäude, die aufgrund von Homogenisierungsmaßnahmen geringfügig verschoben wurden. Ferner werden Gebäude, deren Grundrissflächenänderung weniger als 20% beträgt, als identisch klassifiziert (z.B. geringfügige Erweiterung des Grundrisses durch Anbau). Als Folge wird die vorhandene Höhe des Gebäudes auf den neuen Grundriss übertragen.
- b) *Als identisch identifiziertes Gebäude mit Änderung der Stockwerksangabe:*
Behandlung wie A); allerdings Prüfung der Plausibilität der vorhandenen Gebäudehöhe aus Laserscanningdaten und der neuen Gebäudehöhe aus der Stockwerksangabe.
- c) *Wegfallendes Gebäude:*
LoD 1-Gebäude auf historisch setzen.
- d) *Neues Gebäude (mit Überlagerung durch Altgebäude):*
Neues Gebäude hinzufügen und Bestimmung der Höhe. Liegt eine Überlagerung der Gebäudeflächen um mehr als 50% vor, wird die Gebäudehöhe aus Laserscanningdaten auf das neue Gebäude übertragen, falls die Prüfung der vorhandenen Gebäudehöhe aus Laserscanningdaten und der neuen Gebäudehöhe aus der Stockwerksangabe ein plausibles Ergebnis liefert.
- e) *Neues Gebäude (ohne Überlagerung durch Altgebäude):*
Neues Gebäude hinzufügen. Bestimmung der Höhe aus der Stockwerksangabe oder Verwendung von Standardhöhen.

In Bayern werden jährlich rund 50.000 Gebäudeveränderungen durch Fortführungsvermessungen erfasst. Dies entspricht einer Änderungsquote von ca. 0,7%. Hinzu kommen Änderungen der Gebäudegrundrisse aufgrund von Homogenisierungsmaßnahmen zur Koordinatenverbesserung im Liegenschaftskataster in etwa der doppelten Größenordnung.

Um die Übereinstimmung der LoD 1-Gebäude mit den Gebäuden im Liegenschaftskataster sicherzustellen, wird das Verfahren zur Aktualisierung der Grundrisse und Sachdaten automatisiert für das Gebiet von auszuspielenden Vertriebsdaten ausgelöst. Findet eine Aktualisierung der Höhen aufgrund neuer Oberflächendaten statt, muss der Prozess für das entsprechende Gebiet manuell aktiviert werden.

2) Aktualisierung der LoD 1-Gebäudehöhen aufgrund neuer Oberflächendaten

Liegen für ein Gebiet neue Laserscanningdaten vor, erfolgt für dieses Gebiet eine Neuableitung der Gebäudehöhen nach einem modifizierten Regelwerk der Erstableitung. Höhen, die im Rahmen bereits durchgeführter Maßnahmen zur Qualitätssicherung manuell vergeben wurden, werden dann beibehalten, wenn keine Höhen aus Laserscanningdaten oder Stockwerksangaben ermittelt werden können. Einer bereits manuell vergebenen Höhe ist der Vorzug zu geben vor der Verwendung von Standardhöhen.

Die 3D-Gebäudedaten sind im LoD 1 in den Formaten CityGML, Shapefile und KML erhältlich. Diese Formate stellen eine schnelle Visualisierung und hohe Interoperabilität des Geobasisdatenbestandes sicher. Alle drei Formate enthalten für jedes Gebäude objektstrukturierte Geometrie- und Sachinformationen (Kundeninformation LoD 1, <http://vermessung.bayern.de/file/pdf/3759/Kundeninformation%20LoD1.pdf>). Nach Einführung des AAA®-Modells wird zusätzlich die Abgabe im Format NAS (Normbasierte Austauschchnittstelle) gegeben sein.

In Bayern ist das Verfahren zur permanenten Fortführung der LoD 1-Gebäude bereits implementiert. Die hohe Aktualität, die Genauigkeit in der Lage sowie die flächendeckende Verfügbarkeit zeichnen diesen neuen Geobasisdatenbestand aus.

5.2 Gebäudemodell LoD 2

Während die Erstellung des LoD 1 mit selbst entwickelter Software durchgeführt wurde, setzt Bayern bei der Erstellung des LoD 2 auf die Verwendung kommerzieller Software. Im LoD 2 werden zusätzlich Dachformen benötigt. Dachflächen, Firstrichtungen und Höheninformationen werden durch bestmögliche Approximation von Standarddachformen an die Oberflächendaten gewonnen.

Legt man die bei den Laserscanningdaten in Bayern vorhandene Stützpunktdichte von etwa einem Meter zugrunde, dann erreichen die am Markt verfügbaren kommerziellen Softwareprodukte einen Automationsgrad von durchschnittlich 80%. Die verbleibenden Gebäude müssen interaktiv nachbearbeitet werden. Eine entsprechende Software zur Ableitung und Nachbearbeitung von Gebäuden im LoD 2 wurde durch die Bayerische Vermes-

sungsverwaltung im April 2011 öffentlich ausgeschrieben. Es ist geplant, mit der Produktion des LoD 2 ab Ende 2011 zu beginnen und die landesweite Erstellung des Gebäudemodells LoD 2 in den folgenden drei bis vier Jahren abzuschließen.

Die Produktion wird auf die Aktualität der vorhandenen und die zukünftig verfügbaren Befliegungslose der Laserscanningdaten abzustimmen sein. Ältere Lose mit geringerer Punktdichte werden deshalb – primär für die DGM1-Produktion – neu befliegen. Von der höheren Aktualität und der Punktdichte von 4 Punkten/m² bei Befliegungen in 2011 wird in Bayern auch die Gebäudeableitung im LoD 2 profitieren.

Bei der Erstableitung wird für jedes im Bestand vorhandene Gebäude eine Standarddachform bestimmt. Konnte aufgrund fehlender Höhen in den Oberflächen-daten keine Dachform bestimmt werden, so wird, wie im LoD 1, eine Standardhöhe vergeben. Die Gebäude mit fehlenden LoD 2-Informationen sind demnach bekannt und können in einem separaten Prozess nacherfasst werden.

Hierzu werden in Bayern zwei Verfahren diskutiert:

- In Gebieten hoher Fortführungs-dichte: Photogrammetrische Ableitung eines Oberflächenmodells über Matching und Nachprozessierung der Gebäude mittels der eingesetzten Software der Erstableitung.
- In Gebieten geringer Fortführungs-dichte: Photogrammetrische Einzelerfassung der Dachformen.

Abgesehen von fehlenden Gebäudehöhen, die im Alter der Laserscanningdaten begründet sind, kann der Prozess der Ersterstellung als einmalig angesehen werden. Ein besonderes Gewicht kommt daher der Zuverlässigkeit und Erkennungsquote der eingesetzten Software zu. Anschließend müssen lediglich die Gebäudeveränderungen fortgeführt werden.

Als Ergebnis der LoD 2-Erstableitung stehen die Gebäude im Format CityGML zur Verfügung und werden in einer eigenen Datenbank gespeichert. Bis zum Abschluss der Modellierung des AAA®-Fachschemas und der vollständigen Migration aller 3D-Informationen in das Liegenschaftskataster werden die Gebäudemodelle im von der AdV definierten CityGML-Schema geführt. Über den eindeutigen Objektidentifikator ist jedes LoD 2-Gebäude mit den im Liegenschaftskataster geführten Gebäudeinformationen verknüpft (Abb. 7).

Für die zurzeit im Liegenschaftskataster vorhandenen Gebäude liegen noch keine flächendeckenden Informa-

tionen zur Objekthöhe, zur Dachform und den Firststrichungen vor. Ebenso fehlen die räumlichen Abgrenzungen von Bauteilen, falls ein Gebäude mehrere Dachformen oder unterschiedliche Geschosshöhen aufweist. Diese Informationen sind erst in den künftigen LoD 2-Gebäuden enthalten.

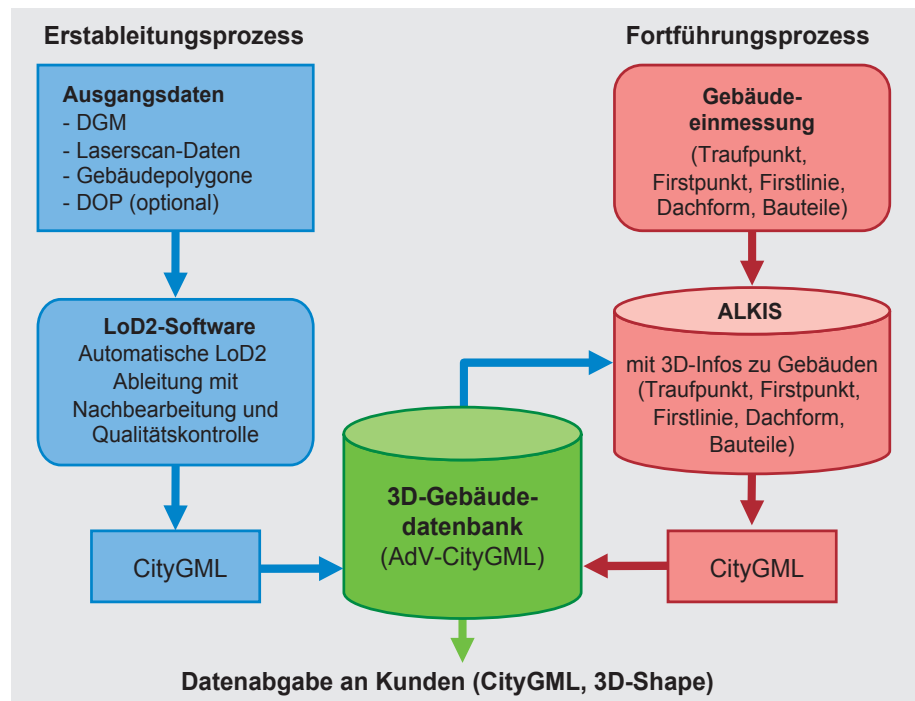


Abb. 7: Datenhaltung und Fortführung

Bei der LoD 2-Ableitung wird die geschlossene 3D-Hülle des Gebäudes mittels Grund-, Wand-, Abschluss- und Dachflächen generiert. Zusätzlich ist bekannt, welche Dachform ermittelt wurde. Im aktuellen ALKIS®-Modell werden unterschiedliche Dachformen eines Gebäudes als 2D-Bauteile geführt. Abb. 8 zeigt die Informationen, die im LoD 2 enthalten sind und auch in den 2D-Objektarten des ALKIS®-Modells genutzt werden können.

An einem Pilotprojekt wurde nachgewiesen, dass die Ableitung der ALKIS®-Objektarten aus den LoD 2-Gebäuden technisch möglich ist und in 98% aller Fälle vollautomatisch verläuft. Die gefundenen Dachflächen müssen zu Dachformen aggregiert werden, die anschließend in den Grundriss zu projizieren sind. Jedes auf diese Weise bestimmte Bauteil erhält die ermittelte Dachform als Attribut. Neben den Bauteilen werden auch die ALKIS®-Objektarten »Firstlinie« und »Besonderer Gebäudepunkt« der Art »First« und »Traufe« gebildet. Die Objekthöhe als Attribut des Gebäudes entspricht der Höhe des höchsten Punktes der Dachkonstruktion (höchster Firstpunkt). Mit Hilfe der Objektarten Bauteil, Firstlinie und der besonderen Gebäudepunkte (First und Traufe) lassen sich auch komplexere Dachformen wie z.B. geknickte Satteldächer abbilden.

Die Ableitung dieser Informationen erfolgt während der Erstableitung des LoD 2 und stellt die Herstellung des Bestands der 2D-ALKIS®-Objektarten (Bauteil, First-

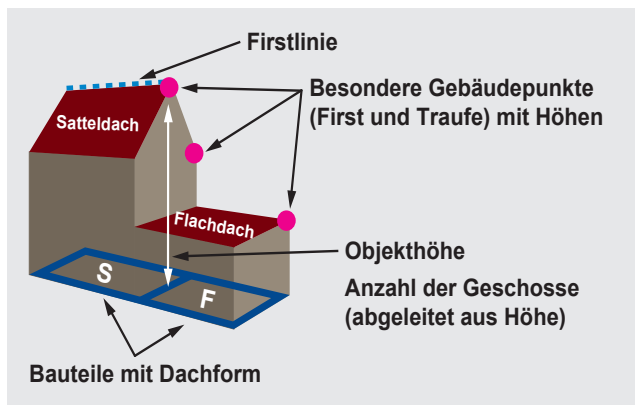


Abb. 8: LoD 2 und ALKIS®-Objektarten

linie und besonderer Gebäudepunkt) für die vorhandenen 8,1 Millionen Gebäude in Bayern sicher. Andernfalls wären die Objektarten im ALKIS®-Modell zwar vorgesehen, entsprechende Daten wären jedoch nicht enthalten.

Das Liegenschaftskataster erhält, unabhängig von der späteren Übernahme der Gebäudemodelle LoD 1 und 2 in das AAA®-konforme 3D-Fachschemata, einen Mehrwert. Hiervon profitiert der Kunde sowohl bei digitalen Datenabgaben als auch bei analogen Abgaben der Liegenschaftskarte. Zusätzlich wird durch die flächendeckende Bereitstellung dieser 2D-ALKIS®-Objektarten eine wirtschaftliche Fortführung der Gebäudemodelle LoD 1 und 2 im Liegenschaftskataster ermöglicht.

Zur Fortführung der Gebäudemodelle bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Dachformen und Höheninformationen können, wie bei der Erstableitung, aus Oberflächendaten oder mittels aktueller orientierter Luftbilder im Stereomodell bestimmt werden. In Bayern werden die Gebäudeveränderungen im Rahmen der gesetzlichen Gebäudeeinemessung zur Fortführung des Liegenschaftskatasters vermessungstechnisch im Außendienst erfasst. Es ist folgerichtig und wirtschaftlich, hier künftig neben den 2D- auch die 3D-relevanten Informationen der Gebäude zu erfassen. Bei der Umsetzung dieses Prozesses müssen lediglich die Informationen berücksichtigt werden, die für die zukünftig im Liegenschaftskataster zu führenden Gebäudemodelle benötigt werden. Diese erweiterte Datenerfassung erfolgt schon jetzt auf Grundlage der 2D-ALKIS®-Objektarten und ist bereits an mehreren Vermessungsämtern im Einsatz. Sie soll ab 1.1.2012 flächendeckend umgesetzt werden.

Abb. 9 zeigt die im Außendienst auf Basis einer Dienstvorschrift zu erfassenden Informationen. Neben dem Gebäudegrundriss werden zwei Bauteile mit ihrer jeweiligen Geschosszahl und Dachform – für den linken Teil mit Satteldach und für den rechten geringer geschossigen Teil mit Flachdach – gebildet. Dachüberstände (Traufen) werden, wie bei der softwaregestützten Erstableitung der Gebäude, im LoD 2 in Bayern nicht berücksichtigt. Jede Wandfläche steht senkrecht auf dem Grundriss. Die einheitliche Begrenzung der Dachflächen am Grundriss stellt eine Vereinfachung dar und reduziert den Erfassungs- und Bearbeitungsaufwand deutlich.

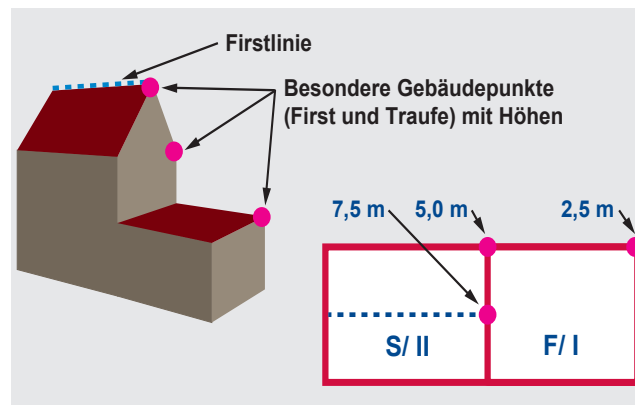


Abb. 9: 3D-Informationen bei der Gebäudeeinemessung

Da die Darstellung von Dachüberständen im LoD 2 nur optional ist, wird zugunsten einer einheitlichen, schnellen Flächendeckung darauf verzichtet. Der hierdurch entstehende Informationsverlust wird hingenommen.

Die Höhen der First- und der Traufpunkte werden, relativ auf die Bodenhöhe des Gebäudes bezogen, dokumentiert. Solche Höhen können reflektorlos mittels Tachymeter oder Handlaserentfernungsmesser bestimmt werden. Diese Informationen genügen, um ein Gebäude im LoD 2 zu konstruieren.

Ferner deckt sich der Ansatz mit den derzeitigen Überlegungen der AdV bezüglich der zukünftigen AAA®-Modellierung für 3D-Gebäudemodelle. Für jedes 2D-Bauteil wird ein redundantes 3D-Bauteil gebildet. Die Summe der 3D-Bauteile ergibt das Gebäude im LoD 2.

Um die Gebäude vor der Migration in das AAA®-Modell fortführen zu können, müssen sie in der Gebäudedatenbank unter Verwendung der ALKIS®-Gebäudeinformationen aktualisiert werden. Es ist geplant, die Daten aus der Datenhaltungskomponente von ALKIS® auszuspielen und das Gebäudemodell LoD 2 mittels 3D-Editor fortzuführen (Abb. 7, rechter Teil). Basierend auf dem Grundriss des ALKIS®-Gebäudeobjekts und seiner Bauteile werden die Wandflächen mit Hilfe der im Außendienst erfassten relativen Höheninformationen gebildet. Die Dachform liegt für jede Fläche als Attribut vor. Ihre Ausrichtung ergibt sich aus der Firstlinie. Inwieweit sich dieser Prozess automatisieren lässt, ist noch zu untersuchen.

6 Schlussbemerkung

Zum Aufbau von landesweiten Gebäudemodellen in den Detailstufen LoD 1 und LoD 2 empfiehlt es sich, ein Gebäude als Einheit mit den Inhalten des Liegenschaftskatasters zu betrachten. Die Synergieeffekte hinsichtlich der Vollständigkeit, Aktualität und Fortführung überzeugen.

Die Gebäudemodelle profitieren durch Flächendeckung, Grundrisstreue und semantische Informationen wie zum Beispiel der Gebäudefunktion. Das Liegenschaftskataster profitiert durch detailliertere Angaben zur dreidimensionalen Gestalt der Gebäude und wird damit den heutigen Anforderungen als modernes Mehrzweckkataster gerecht.

Bei Verwendung des AdV-CityGML-Schemas zur Führung von Gebäudemodellen als Übergangslösung können die Gebäudemodelle nach Abschluss der 3D-Modellierung in das AAA®-Modell migriert werden. Die Fortführung der Gebäudemodelle kann dann direkt im Liegenschaftskataster erfolgen. Datenabgaben werden neben den Formaten Shapefile, CityGML und KML künftig auch in der Standardschnittstelle NAS des AAA®-Modells möglich sein.

Literatur

- AdV: Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), ALKIS-Objektartenkatalog, Version 6.0, URL: <http://www.adv-online.de>, letzter Zugriff 04/2011a.
- AdV: Liegenschaftskataster, Webseite der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, URL: <http://www.adv-online.de>, letzter Zugriff 06/2011b.
- AdV: Produktstandard für 3D-Gebäudemodelle (internes Papier der AdV in der Version 1.0), 06.04.2011c.
- AdV: Tätigkeitsbericht 2009/2010, Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, URL: <http://www.adv-online.de>, letzter Zugriff 04/2011d.
- Albert, J. u. a.: Zielgruppen und Anwendungen für Digitale Stadtmodelle und Digitale Geländemodelle, Erhebungen im Rahmen der Arbeitsgruppe »Anwendungen und Zielgruppen« der SIG 3D im Rahmen der Initiative GDI-NRW, Stand 2.4.2003.
- AG 3D-Stadtmodelle des AK Kommunales Vermessungs- und Liegenschaftswesen des Städtetages NRW: 3D Stadtmodelle – Eine Orientierungshilfe für die Städte in NRW, <http://www.bochum.de>, letzter Zugriff 04/2011.
- Brenner, C.: Dreidimensionale Gebäuderekonstruktion aus digitalen Oberflächenmodellen und Grundrissen, Dissertation, Universität Stuttgart, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, 2000.
- Gemeinsame Arbeitsgruppe »ALKIS3D« der SIG 3D in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe »Fortführung 3D Stadtmodelle« des Städtetages und der SIG 3D: Ableitung, Migration und Fortführung von 3D Stadtmodellen aus ALKIS-Daten, URL: <http://www.sig3d.org>, letzter Zugriff 04/2011.
- Heitmann, S.: Digitales Geländemodell mit Gebäudestrukturen – Das 3D-Gebäudemodell des LVerMA NRW, in Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungswesen Nordrhein-Westfalen, 1/2007, S. 65 ff.
- Hümmer, F.: Das 3D-Gebäudemodell der Bayerischen Vermessungsverwaltung, Hrsg. Prof. Dr. M. Schilcher: Geoinformationssysteme. abcverlag GmbH, 2011, S. 170 ff.

Anschrift der Verfasser

- Dr. Klement Aringer
Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern
Alexandrastraße 4, 80538 München
klement.aringer@lvb.bayern.de
- Frank Hümmer
Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern
Theodor-Heuss-Straße 61, 91126 Schwabach
frank.huemmer@lvb.bayern.de