

Modellbasierte Transformation von 3D-Gebäudemodellen nach INSPIRE

Klement Aringer, Andreas Donaubaue, Thomas H. Kolbe und Robert Roschlaub

Zusammenfassung

Die Landesverwaltungen sind bestrebt, auf der Grundlage eines Fachschemas für 3D-Gebäudemodelle (AdV-CityGML-Profil) einen deutschlandweit einheitlich modellierten 3D-Gebäudebestand aufzubauen. In einer Forschungskooperation der Bayerischen Vermessungsverwaltung mit dem Lehrstuhl für Geoinformatik an der TUM wurde ein auf dem AdV-CityGML-Profil basierender Testdatenbestand des bayerischen LoD2-Gebäudebestands in ein INSPIRE-konformes Datenschema transformiert. Als Grundlage für eine derartige Transformation stehen von der AdV der Produktstandard, ein Prüfplan für 3D-Gebäudemodelle sowie eine Mapping-Tabelle zur Verfügung. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde untersucht, ob die in der Mapping-Tabelle festgeschriebenen Transformationsregeln eindeutig und hinreichend für die Implementierung einer Transformation von LoD2-Daten gemäß dem AdV-Produktstandard nach INSPIRE sind. Der praktische Nachweis der Transformierbarkeit der 3D-Gebäudemodelle in das INSPIRE-BU-Thema wurde durch die Transformation von Produktionsdaten des bayerischen 3D-Gebäudemodells im LoD2 erbracht. Zur Qualitätssicherung der zu transformierenden Daten wurden die Prüfspezifikationen nach dem Prüfplan für 3D-Gebäudemodelle der AdV verwendet. Die Mapping-Tabelle der AdV wurde auf Vollständigkeit und Richtigkeit überprüft und ergänzt.

Summary

The federal governments of Germany endeavour to create a harmonized 3D building data set based on a common application schema (the AdV-CityGML-Profile). In a joint research project, the Bavarian Agency for Digitisation, High-Speed Internet and Surveying and the TUM, Chair of Geoinformatics, transformed an AdV-CityGML-Profile based test data set of Bavarian LoD2 building models into an INSPIRE-compliant schema. For the purpose of a transformation of such kind, the AdV provides the data specification, a test plan for 3D building models and a mapping table. The research project examined whether the transformation rules defined in the mapping table were unambiguous and sufficient for implementing a transformation of LoD2 data based on the AdV-CityGML-Profile into the INSPIRE schema. The proof of concept was carried out by transforming production data of the Bavarian 3D building model in LoD2 into the INSPIRE BU schema. In order to assure the quality of the data to be transformed the test specifications according to the test plan for 3D building models of the AdV were carried out. The AdV mapping table was checked for completeness and correctness and amendments were made accordingly.

Schlüsselwörter: 3D-Gebäudemodelle, INSPIRE, CityGML, Schematransformation, geometrische und semantische Prüfung von 3D-Gebäudemodellen

1 Anlass und Zielsetzung

Die Landesvermessungsverwaltungen sind bestrebt, auf der Grundlage eines Fachschemas für 3D-Gebäudemodelle einen deutschlandweit einheitlich modellierten 3D-Gebäudebestand aufzubauen (Gruber et al. 2014). Im Jahr 2012 hat die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) einen Produktstandard für ein 3D-Gebäudemodell beschlossen und stetig fortgeschrieben. Demnach werden Gebäudegrundrisse grundsätzlich der amtlichen digitalen Liegenschaftskarte entnommen und die Gebäude einheitlich mit einem Flachdach in der sogenannten ersten Detaillierungsstufe (Level of Detail 1 – LoD1) als einfache Kubaturen dargestellt.

Die AdV hatte sich bereits 2010 zum Ziel gesetzt, 3D-Gebäudemodelle in einer ersten Realisierungsstufe ab 2013 bundesweit einheitlich bereitzustellen und mittelfristig die Realisierungsstufe in einer zweiten Detaillierungsstufe aufzubauen. Inzwischen haben alle Bundesländer die Erfassung der 3D-Gebäudemodelle im LoD1 abgeschlossen. Die meisten Länder befinden sich bereits



Abb. 1: Lizenzierungspflichtiges 3D-Gebäudemodell des Stammgeländes der Technischen Universität München nach AdV-CityGML-Profil. Visualisierung auf der Grundlage des DOP 80 WMS-Dienstes aus der OpenData-Initiative der Bayerischen Staatsregierung im 3D-Web-Client der 3DCityDB

in der Erfassung von Gebäuden mit standardisierten Dachformen, die als Gebäudemodelle der zweiten Detaillierungsstufe (LoD2) bezeichnet werden.

Seit Mitte 2013 wird erstmalig ein zentraler bundesweiter LoD1-Datenbestand aus dem Liegenschaftskataster der Länder an der Zentralen Stelle Hauskoordinaten und Hausumringe (ZSHH) bei der Bezirksregierung Köln – Geobasis NRW, aufgebaut und von dort auch vertrieben (LA Geobasis 2011). Der Datenaustausch zwischen den Ländern und der ZSHH erfolgt über ein Datenaustauschformat – der »Formatbeschreibung 3D-Gebäudemodell LoD1 Deutschland«. Diese Datenformatbeschreibung basiert auf einem von der AdV definierten, deutschlandweit einheitlichen Profil der OGC-Spezifikation CityGML 1.0.0 (AdV-online 2011). Dieses AdV-CityGML-Profil sieht als Bestandteil des Produktstandards für 3D-Gebäudemodelle auch die Abgabe von Gebäuden im LoD2 mit optionalen Fototexturen vor.

Ergänzend zur Formatbeschreibung LoD1 ist im April 2015 eine »Datenformatbeschreibung 3D-Gebäudemodelle LoD2 Deutschland« von der AdV verabschiedet worden (AdV 2015d).

Mit Inkrafttreten der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE-Richtlinie) im Jahr 2007 und deren Umsetzung auf Bundes- und Landesebene sind digitale Geodaten interoperabel sowohl von den Ländern als auch vom Bund bereitzustellen (Janowsky et al. 2010). Der in den Ländern aufgebaute Datenbestand an digitalen 3D-Gebäudemodellen ist im Anhang III der INSPIRE-Richtlinie dem Thema Gebäude (INSPIRE-BU) zugeordnet. Aufgrund dieser INSPIRE-Betroffenheit sind die Länder gefordert, ihre 3D-Gebäudemodelle entsprechend der INSPIRE-Richtlinie zentral und interoperabel über Geodatendienste bereitzustellen.

Neben dem selbst gesetzten Ziel der Länder, ihre 3D-Gebäudemodelle in den zwei Modellierungsstufen LoD1 und LoD2 auf Basis von länderübergreifenden Standards der AdV zu erfassen, liegt es nahe, die Datenbestände frühzeitig auf ihre Überführbarkeit in das von INSPIRE vorgegebene Schema zu prüfen. Zur Transformation von 3D-Gebäudemodellen im LoD2 nach INSPIRE hat die AdV-Projektgruppe »3D-Geobasisdaten« eine erste Mapping-Tabelle, ausgehend vom AdV-CityGML-Profil und der Dokumentation zur Modellierung der Geoinformation des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok) in der Version 7.0.1, erstellt. Aufbauend auf diesen Vorarbeiten sollte im Rahmen einer Forschungskooperation der Bayerischen Vermessungsverwaltung mit dem Lehrstuhl für Geoinformatik an der Technischen Universität München (TUM) der praktische Nachweis der Transformation von AdV-konformen 3D-Gebäudemodellen nach INSPIRE beispielhaft erbracht werden. Zudem sollten die im von der AdV-Projektgruppe 3D-Geobasisdaten und der ZSHH gemeinsam definierten Prüfplan festgeschriebenen Prüfspezifikationen untersucht und angewendet werden.

Die auf der Basis des AdV-CityGML-Profiles im LoD1 und LoD2 erfassten 3D-Gebäudemodelle der Länder sind unter Berücksichtigung der GeoInfoDok 7.0 auf ein INSPIRE-konformes Schema abzubilden. Die Revision der GeoInfoDok 7.0.1 wurde im April 2014 abgeschlossen. Dennoch gilt es, die Dokumente weiter zu analysieren, um Fehler und Mehrdeutigkeiten in der INSPIRE-Spezifikation, im AdV-CityGML-Profil und der GeoInfoDok hinsichtlich der anstehenden Schematransformation aufzudecken, um eine Fortschreibung der Dokumente zu erwirken. Die LoD2-Produktion ist in den meisten Ländern angelaufen. Eine etwaige Fehlererkennung kann den Ländern auch ohne eine erfolgte Änderung von Dokumenten helfen, notwendige Änderungen der Software zur Ersterfassung der 3D-Gebäudemodelle im LoD2 frühzeitig mit den jeweiligen Herstellern zu erwirken und Erfassungsfehler zu reduzieren.

In der Forschungskooperation wurde insbesondere die Mapping-Tabelle der AdV geprüft und ein Konzept zur Datentransformation entwickelt und prototypisch umgesetzt, dessen einzelne Bausteine im Folgenden kurz beschrieben werden.

2 Konzepte für eine semantische Transformation von 3D-Gebäudemodellen nach INSPIRE

Das in Abb. 2 dargestellte Konzept wurde aus folgenden Überlegungen heraus entworfen:

1. Voraussetzungen für die Umsetzung einer semantischen Transformation sind Beschreibungen für die Quell- und Zielschemata sowie Regeln für die Transformation zwischen diesen Schemata. Auf der Grundlage dieser Dokumente kann eine Schematransformationsfunktion implementiert bzw. bei Existenz maschineninterpretierbarer Schemata und Transformationsregeln automatisch abgeleitet werden (siehe z. B. Staub et al. 2008, Kutzner und Eisenhut 2010, Fichtinger 2011). Aus den gegebenen Quelldaten erzeugt die Schematransformationsfunktion Daten gemäß dem Zielschema und einen Transformationsbericht mit statistischen Angaben zu den transformierten Daten.
2. Eine nach den Vorgaben aus (1.) implementierte Schematransformation kann nur dann korrekte Zieldaten erzeugen, wenn die Quelldaten der Transformation dem Quellschema entsprechen und ggf. weiteren über die Schemakonformität hinausgehenden Qualitätskriterien genügen. Derartige Kriterien können in Form einer Prüfspezifikation vorliegen. Auf der Grundlage dieser Prüfspezifikation kann eine Prüfroutine für die Quelldaten implementiert bzw. bei Existenz maschineninterpretierbarer Prüfspezifikationen automatisch abgeleitet werden (Donaubauer et al. 2010). Die Prüfroutine erzeugt einen Prüfbericht mit Angaben zu fehlerhaften Objekten sowie statistischen Angaben zu den

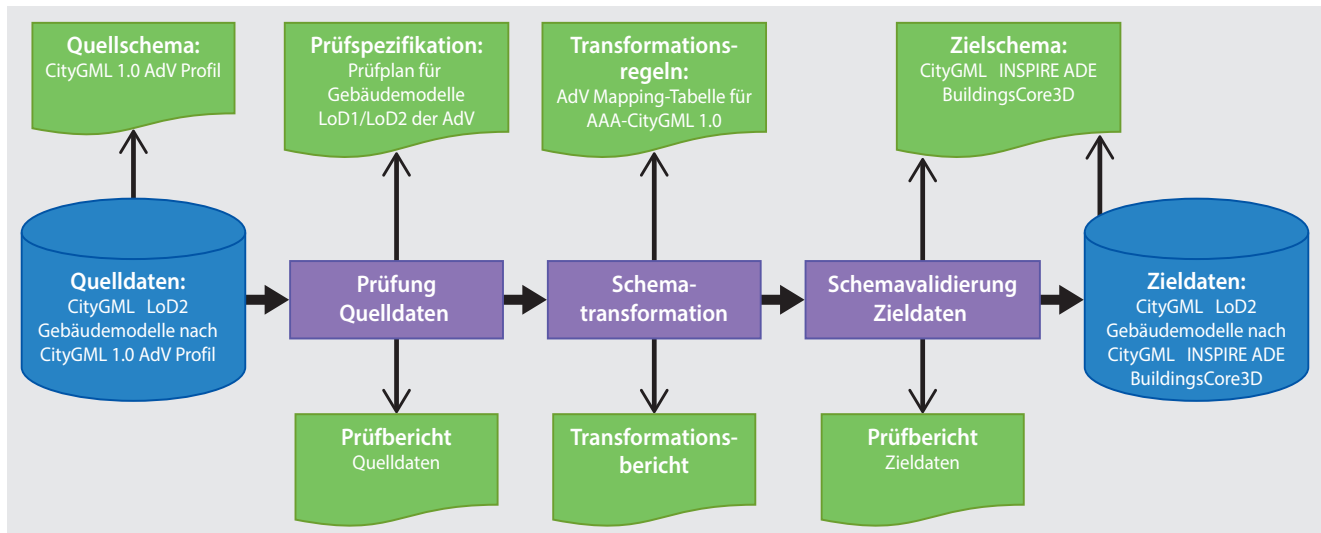


Abb. 2: Konzept für eine semantische Transformation von 3D-Gebäudemodellen nach INSPIRE

geprüften Daten. Korrekte Daten werden an die Schematransformationsfunktion weitergeleitet.

3. Unter der Voraussetzung, dass nur korrekte Daten an die Schematransformationsfunktion geleitet werden und unter der Annahme, dass die Transformationsregeln korrekt sind, kann auf eine komplexe Prüfung der Zieldaten sowie eine umfangreiche Fehler- und Ausnahmenbehandlung bei der Transformation verzichtet werden. Die korrekte Kodierung der Zieldaten wird durch eine Schemavalidierung sichergestellt.

Basierend auf diesem Konzept wurde im Rahmen der Forschungskoooperation die Schematransformation von 3D-Gebäudemodellen nach INSPIRE umgesetzt. Die einzelnen Komponenten des Konzepts werden in den folgenden Abschnitten kurz dargestellt.

2.1 Quellschema: Das AdV-CityGML-Profil für 3D-Gebäudemodelle

Als Quellschema für die hier beschriebene Transformation von 3D-Gebäudedaten dient das AdV-CityGML-Profil für 3D-Gebäudemodelle in der aktuellen Version (AdV 2015a). Das AdV-CityGML-Profil schränkt die CityGML-Spezifikation der Version 1.0 (Gröger et al. 2008) so ein, dass sie den Produktstandard für 3D-Gebäudemodelle der AdV (AdV 2013) repräsentiert. Dies bedeutet u. a., dass das Profil nur die CityGML-Module Building (zur Repräsentation von Gebäuden und Gebäudeteilen), Generics (zur Repräsentation von Attributen, die nicht von der CityGML-Spezifikation, wohl aber vom Produktstandard für 3D-Gebäudemodelle vorgesehen sind) und Appearance (zur Repräsentation von Gebäudetexturen) umfasst. Alle weiteren CityGML-Module, z. B. zur Repräsentation von Vegetations-, Gewässer- oder Straßenobjekten, sind nicht im AdV-CityGML-Profil enthalten. Auch die oben genannten, im Profil enthaltenen CityGML-Module werden weiter eingeschränkt. So sind etwa im Modul Bui-

ding des AdV-Profiles nur LOD1- und LOD2-Geometrien zulässig, die Attribute function (Gebäudfunktion) und measuredHeight (gemessene Höhe) sind im Unterschied zur CityGML-Spezifikation verpflichtend und die Elemente der Gebäudehülle sind abweichend vom CityGML-Standard immer semantisch in RoofSurface-, WallSurface-, GroundSurface- und ClosureSurface-Objekte zu klassifizieren. Neben derartigen Einschränkungen definiert das AdV-Profil auch Erweiterungen des CityGML-Standards. Diese werden jedoch nicht in Form einer sogenannten Application Domain Extension (ADE) (vgl. 2.2) realisiert, sondern in Form fest vorgeschriebener generischer Attribute. Ziel dieser Erweiterung ist es vor allem, Qualitätsangaben zu den einzelnen Gebäude- bzw. Gebäudeteilobjekten zu speichern. In den generischen Attributen Datenquelle Dachhöhe, Datenquelle Lage, Datenquelle Bodenhöhe, Bezugspunkt Dach (nur LOD1) werden hierfür Codes gespeichert, deren Bedeutung im AdV-Profil hinterlegt sind.

2.2 Zielschema: INSPIRE Data Specification on Buildings/CityGML INSPIRE ADE

Die INSPIRE-Richtlinie enthält Fristen für die INSPIRE-konforme Datenbereitstellung, die sich auf den Erlass der Durchführungsbestimmungen zur Interoperabilität beziehen. Sie enthält aber keine Datenspezifikationen zu den einzelnen Themen. Für eine INSPIRE-konforme Datenbereitstellung gelten zusätzliche Verordnungen, die genauere Informationen über die Art und den Umfang der inhaltlichen Ausgestaltung, z. B. durch Festlegungen von Objekttypen und Pflicht-Attributen, für die Geodaten-Themen geben. Ferner gibt es zu jedem Geodaten-Thema eine entsprechende Datenspezifikation (die »Technical Guidance«). Die Datenspezifikationen sind rechtlich nicht bindend und enthalten u. a. vollständige Datenmodelle und technische Details.

Für 3D-Gebäudemodelle in Verbindung mit Digitalen Geländemodellen (DGM) sind die INSPIRE-Datenspezifikationen (Technical Guidelines) zu den Themen Höhe des Anhangs II und Gebäude des Anhangs III zu berücksichtigen. Relevant sind die Dokumente »D2.8.II.1 Data Specification on Elevation« und »D2.8.III.2 Data Specification on Buildings«. Diese Spezifikationen sind am 10. Dezember 2013 veröffentlicht worden und sind rückwirkend zum 21. Oktober 2013 in Kraft getreten. Neu erhobene oder weitgehend umstrukturierte Daten der Anhänge II und III sind damit laut § 7 Abs. 3 der INSPIRE-Richtlinie bis 2015 und alle anderen bis 2020 bereitzustellen.

Schema möglich, wie von CityGML bekannt, die Hülle von Gebäuden und Gebäudeteilen in semantische Objekte für Dach-, Wand- und Bodenflächen zu zerlegen und den Innenraum von Gebäuden zu repräsentieren. Neben der Klasse Building und BuildingPart wird zusätzlich die Klasse OtherConstruction definiert, um Objekte zu repräsentieren, die nicht der INSPIRE-Definition für Gebäude entsprechen und trotzdem für bestimmte Anwendungsfälle von Bedeutung sind (z.B. Freileitungsmasten für Anwendungen im Bereich Sicherheit des Luftverkehrs). Eine detaillierte Erläuterung der vier Profile liefern (Gröger und Plümer 2014).

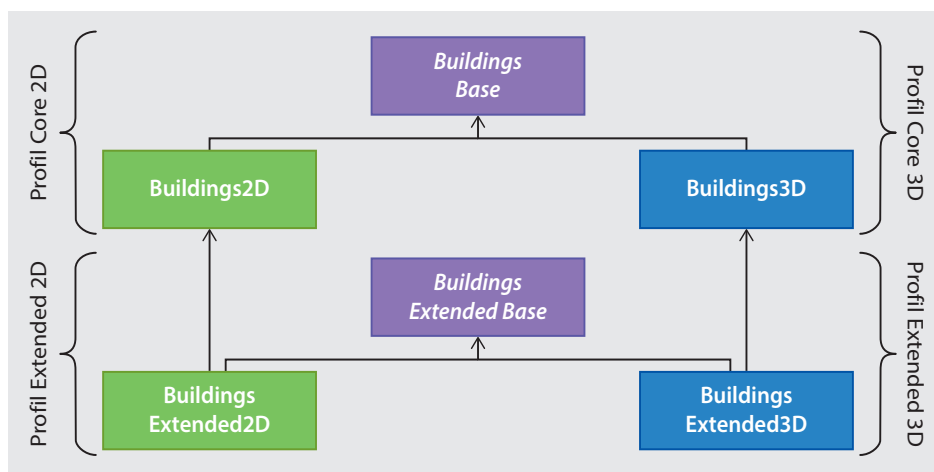


Abb. 3: Profile der INSPIRE-Datenspezifikation für Gebäude. Abbildung verändert nach Gröger und Plümer 2014.

Der deutschlandweit flächendeckende 3D-Gebäudebestand im LoD1 müsste demnach bereits bis zum Jahr 2020 entsprechend den INSPIRE-Anforderungen interoperabel bereitgestellt werden.

Um sowohl mit verschiedenen Anwendungsfällen für die Nutzung von Gebäudedaten, als auch mit den unterschiedlichen Arten der in der Europäischen Union erfassten Gebäudedaten umgehen zu können, wurden für die Datenspezifikation vier unterschiedliche Profile definiert, die sich im Umfang der semantisch und geometrisch repräsentierbaren Information unterscheiden (vgl. Abb. 3).

Das Profil »Core 2D« für 2D- und 2.5D-Gebäudedaten enthält nur grundlegende semantische Informationen. Letztere werden im abstrakten Anwendungsschema BuildingsBase definiert. Das Profil »Core 3D« nutzt ebenfalls die in BuildingsBase definierte Semantik, erweitert BuildingsBase jedoch um Konzepte zur dreidimensionalen geometrischen Repräsentation der äußeren Gebäudehülle in den Detailierungsstufen eins bis vier, die den entsprechenden Levels of Detail (LOD) der CityGML-Spezifikation entsprechen. Die Profile »Core 2D« und »Core 3D« bilden den normativen Teil des INSPIRE-Gebäudemodells.

Das Anwendungsschema BuildingsExtendedBase und die davon abgeleiteten Schemata BuildingsExtended2D bzw. BuildingsExtended3D ermöglichen es, wesentlich reichhaltigere semantische Informationen zu modellieren. Beispielsweise ist es nach dem BuildingsExtended3D-

Für den Datentransfer verlangt die INSPIRE-Datenspezifikation kein bestimmtes Format, sieht aber GML (ISO 19136) als Default-Kodierung vor und stellt entsprechende XML-Schema-Dateien zur Validierung von Gebäudedaten bereit. Das entsprechende GML-Anwendungsschema wird als »INSPIRE BU« bezeichnet.

Da nach (Gröger und Plümer 2014) speziell die beiden 3D-Profile der Gebäude-Datenspezifikation stark an das CityGML-Datenmodell angelehnt wurden und es bereits eine Vielzahl von Werkzeugen für die Verarbeitung von CityGML-Daten gibt, sieht die INSPIRE-Datenspezifikation als alternative Daten-Kodierung eine Erweiterung des CityGML-Standards vor, in Form einer sogenannten CityGML Application Domain Extension (ADE). In der CityGML INSPIRE ADE (Gröger et al. 2013) werden für jene Konzepte (Klassen, Attribute, Geometrien und Beziehungen), die sowohl im CityGML- als auch im INSPIRE-Datenmodell vorkommen, die entsprechenden Konzepte aus CityGML verwendet. Konzepte aus dem INSPIRE-Gebäudemodell, die in CityGML nicht existieren, werden in der ADE aus den INSPIRE-Schemata übernommen. Dies betrifft z.B. das über alle INSPIRE-Themen hinweg einheitlich definierte Attribut inspireID als eindeutigen Objektbezeichner, die Attribute beginLifespanVersion und endLifespanVersion, um Transaktionszeitangaben zu repräsentieren, sowie die Attribute conditionOfConstruction zur Angabe des Zustands eines Gebäudes (geplant, in Betrieb, im Bau etc.). Ein wesentlicher Unterschied zu CityGML besteht in der Verwendung komplexer Datentypen für thematische Attribute. Beispielsweise kann über den komplexen Datentyp Elevation neben dem skalaren Höhenwert angegeben werden, wo am Gebäude die Höhe gemessen wurde (z.B. highestEave für die höchste Stelle der Traufe des Gebäudes oder generalRoof für eine gemittelte Dachhöhe).

2.3 Transformationsregeln: AdV Mapping-Tabelle für AAA – CityGML 1.0

Grundlage für eine modellbasierte Schematransformation ist die Verfügbarkeit von Überführungsregeln auf der Ebene der zugrunde gelegten Schemata.

Zur Transformation von 3D-Gebäudemodellen im LoD2 nach INSPIRE hat die AdV-Projektgruppe »3D-Geobasisdaten« eine Mapping-Tabelle, ausgehend vom AdV-CityGML-Profil und der GeoInfoDok 7.0.1, erstellt (AdV 2015b). Die Mapping-Tabelle enthielt ursprünglich eine Zuordnung aller Klassen und Attribute des CityGML-Gebäudemoduls zu ihren Entsprechungen im AAA-Modell nach GeoInfoDok 7.0 und zur INSPIRE Data Specification on Buildings (Profil BuildingsExtended3D) und wurde im Zuge der hier beschriebenen Forschungskoope-ration um ein Mapping auf die CityGML INSPIRE ADE Core 3D erweitert.

Die Tab. 1 zeigt beispielhaft das Mapping zwischen den vier Schemata auf der Ebene der wichtigsten Objektklassen. Auffallend ist, dass 1:1-Abbildungen zwischen den Klassen der Schemata bestehen. Eine Folge davon ist eine entsprechend geringe Komplexität der Schematransformation.

2.4 Prüfplan zur Qualitätssicherung von 3D-Gebäudemodellen

Seit Mitte 2013 können die 3D-Gebäudemodelle im LoD1 der Länder an die ZSHH abgegeben werden. Zur Überprüfung (Validierung) der 3D-Gebäudemodelle wurde von der ZSHH zunächst ein Leitfaden herausgegeben, mit dessen Hilfe die Länder ihre LoD1-Daten im Format CityGML hinsichtlich der Konformität zum Anwendungsschema der AdV überprüfen können. Dies half allen Beteiligten, die LoD1-Daten in einem ersten Schritt auf semantische Konformität zu prüfen. Weitreichendere Prüfkriterien, wie die Überprüfung geometrischer Bedingungen, wären

darüber hinaus wünschenswert. Erste Ansätze zur Prüfung CityGML-basierter Stadtmodelle liefert beispielsweise die Validierungssoftware CityDoctor der Hochschule für Technik in Stuttgart (siehe Wagner et al. 2014).

Das Land NRW wurde durch Beschluss des LA Geobasis mit der Konzeption von Qualitätssicherungsmaßnahmen für die LoD1- und LoD2-Daten der Länder beauftragt. Die Maßnahmen sollen sowohl der landesübergreifenden Einheitlichkeit der Daten als auch deren reibungsloser Übernahme in die Datenbank der ZSHH dienen. Mithin soll eine Softwarekomponente entstehen, die sowohl ausgangsseitig bei den abgebenden Ländern als auch eingangsseitig bei der ZSHH für die Qualitätssicherung genutzt werden kann.

Anforderungen an die LoD1- und LoD2-Daten wurden aus fachlicher Sicht gemeinsam von der AdV-Projektgruppe 3D-Geobasisdaten und der ZSHH erarbeitet. Die in dem Prüfplan festgelegten Prüfkriterien sind auf Grundlage der Erfahrungen beim Aufbau der Datenbestände und dem Zusammenspiel bei der ZSHH entstanden. Die Prüfkriterien sind wie folgt in Kategorien eingeteilt:

- Schemaprüfung: Konformität des Datensatzes gegen das XML-Schema.
- Profilkonformität: Konformität des Datensatzes zu den Profilen der AdV, das heißt z.B. Existenz und korrekte Belegung der im AdV-CityGML-Profil definierten generischen CityGML-Attribute, redundanzfreie Speicherung von Geometrie, keine Unterteilung von Gebäudeteilen in weitere Gebäudeteile.
- Geometrie: Überprüfung der Geometrie, beispielsweise: Ist der Körper geschlossen (wasserdicht)? Stimmt die Angabe im Attribut »measuredHeight« mit der Höhe der Gebäudegeometrie überein?
- Semantik: Werden alle senkrechten Flächen als Wandflächen (WallSurface-Objekte) modelliert?

Im Einzelnen können die Kriterien (AdV 2015c) entnommen werden. Der Prüfplan ist in der Version 1.2 vom 28. Januar 2015 als Bestandteil der Leistungsbeschreibung

Tab. 1: Mapping zwischen den Schemata AdV-CityGML-Profil, AAA 7.0, INSPIRE Building Extended 3D 3.0 und CityGML INSPIRE Buildings Core3D ADE auf der Ebene der Objektklassen

AdV-CityGML-Profil	AAA 7.0	INSPIRE Building Extended 3D 3.0	CityGML INSPIRE Buildings Core3D ADE
bldg:Building	AX_Bauteil3D (101009)	BuildingsExtendedBase::Building	bldg:Building
bldg:RoofSurface	AX_Dachflaeche3D (101003)	BuildingExtended3D::RoofSurface	bldg:RoofSurface
bldg:WallSurface	AX_Wandflaeche3D (101005)	BuildingExtended3D::WallSurface	bldg:WallSurface
bldg:GroundSurface	AX_Bodenflaeche3D (101004)	BuildingExtended3D::GroundSurface	bldg:GroundSurface
bldg:ClosureSurface	AX_Abschlussflaeche3D (101002)	BuildingExtended3D::ClosureSurface	bldg:ClosureSurface

in die deutschlandweite Ausschreibung der ZSHH für eine Prüfsoftware eingeflossen, nachdem der LA Geobasis die Ausschreibung einer Prüfsoftware beschlossen hatte. Seit September 2015 steht diese Prüfsoftware zur Qualitätskontrolle von 3D-Gebäudemodellen sowohl zur Dateneingangskontrolle bei der ZSHH als auch zur Datenausgangskontrolle bei den einzelnen Bundesländern zur Verfügung. Inzwischen ist der Prüfplan in der Version 1.3 fortgeschrieben; eine Implementierung der erweiterten Prüffälle befindet sich in der Umsetzung.

Einheitliche Prüfungen zu Semantik und Geometrie werden aktuell vom Open Geospatial Consortium (OGC) in einem »CityGML Quality Interoperability Experiment« definiert. Die Ergebnisse sollen von der AdV-Projektgruppe 3D-Geobasisdaten in die Prüfliste übernommen und eventuell noch durch Besonderheiten des AdV-CityGML-Profiles erweitert werden.

Der Prüfplan ist in die Diskussion der AG Qualität der Special Interest Group 3D (SIG3D) der Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) eingebracht worden (SIG3D 2016). Damit fließen die Inhalte des Prüfplans über die AG Qualität der SIG 3D wiederum in das »CityGML Quality Interoperability Experiment« des OGC ein, das sich mit der Definition von einheitlichen Prüfkriterien befasst, beispielsweise in der Semantik und der Geometrie.

3 Beispielhafte Umsetzung des Transformationskonzepts

Das in Abschnitt 2 beschriebene Konzept wurde mittels der Software FME (www.safe.com/fme/fme-desktop) beispielhaft umgesetzt. Das Vorgehen und die gewonnenen Erkenntnisse bei der Implementierung der Prüfroutine und der Schematransformation werden in den folgenden Abschnitten kurz beschrieben.

3.1 Prüfroutine

Die im Prüfplan für Gebäudemodelle LoD1/LoD2 der AdV definierten Prüfungen zur Schema- und Profilkonformität sowie zur Geometrie und Semantik der Daten wurden in Form sogenannter FME Workspaces¹ umgesetzt, da zum Zeitpunkt des Forschungsprojektes die im Ab-

¹ In der Software FME sind Datentransformationsprozesse in sogenannten FME Workspaces organisiert. Workspaces fassen alle Elemente eines bestimmten Datentransformationsprozesses zusammen, also Reader und Writer für das Lesen bzw. Schreiben von Daten sowie eine Abfolge von Transformern, welche die eingelesenen Daten analysieren bzw. transformieren (siehe [con terra 2015](#)).

Tab. 2: Beispiel für eine Fehlerstatistik zu einem LoD2-Datensatz

Dateiname	FeatureType	Fehlerart	Fehler (Prozent)
4485_5490	Building	Prüfnummer3110_3120_3140_3310..	6,6
4485_5490	WallSurface	Prüfnummer3150	0,3

schnitt 2.4 angesprochene von der ZSHH ausgeschriebene Prüfsoftware nicht zur Verfügung stand.

Ergebnis der Prüfungen ist eine Excel-Tabelle, die auf einem Tabellenblatt pro Prüfkriterium alle fehlerhaften Objekte auflistet und auf einem weiteren Tabellenblatt eine Fehlerstatistik ausgibt. Tab. 2 zeigt ausschnittshaft die Fehlerstatistik für einen LoD2-Datensatz der Bayerischen Vermessungsverwaltung. Die Spalte »Fehlerart« bezeichnet die Prüfnummern nach dem Prüfplan der AdV, bei denen Fehler im unter »Dateiname« genannten Datensatz auftreten. Bei den genannten Prüfnummern handelt es sich um geometrische Prüfungen (Sind Volumenkörper »wasserdicht«? Ist das Gebäudemodell überschneidungsfrei? Sind die Flächen planar? Zeigen die Normalenvektoren nach außen? Sind Wandflächen vertikal?). Die Tabellenspalte »Fehler(Prozent)« gibt den Prozentsatz der Objekte im Datensatz an, bei denen der jeweilige Fehler auftritt. Im Beispiel bedeutet dies, dass gerundet 6,6 % der 424 im Testdatensatz enthaltenen Gebäudeobjekte und gerundet 0,3 % der 2.655 im Testdatensatz enthaltenen Wandflächenobjekte die genannten Fehler aufweisen.

Alle Prüfungen konnten mittels FME implementiert werden. Im Praxiseinsatz bei der Bayerischen Vermessungsverwaltung zeigte sich, dass Fehler in den Daten zuverlässig erkannt werden, aber dass noch Optimierungsbedarf bei der Laufzeit der Prüfungen im Fall großer Datenmengen besteht.

3.2 Schematransformation

Bevor die Schematransformation implementiert werden konnte, wurde im Rahmen der Forschungskoooperation die von der AdV zur Verfügung gestellte Mapping-Tabelle auf Vollständigkeit und Richtigkeit der Transformationsregeln zwischen dem CityGML 1.0 AdV Profil und INSPIRE geprüft. Es stellte sich dabei heraus, dass die Regeln nicht maschineninterpretierbar beschrieben wurden. So war beispielsweise nicht klar, ob sich die Angaben in der Tabelle auf die konzeptuellen, mit der Modellierungssprache UML beschriebenen Datenmodelle oder die davon abgeleiteten XML-Schema-Dateien beziehen.

Zudem waren bei einigen Attributen die Transformationsregeln nicht präzise genug formuliert worden. Dies betraf zum einen einige Attribute, bei denen einfache Datentypen aus dem Quellschema auf komplexe Datentypen aus dem INSPIRE-Schema abgebildet werden müssen (z. B. das CityGML-Attribut name vom Typ CharacterString,

Tab. 3: Codebeispiel zum Vergleich der Angaben zur Höhengenaugkeit

AdV-CityGML-Profil	CityGML INSPIRE Buildings Core3D ADE
<pre><gen:stringAttribute name=«DatenquelleDachhoehe» <gen:value>1000</gen:value> </gen:stringAttribute></pre>	<pre><bu-core3d-ade:verticalGeometry EstimatedAccuracy uom=«urn:ogc: def:uom:OGC:1.0:metre»>0.2 </bu-core3d-ade:verticalGeometry EstimatedAccuracy></pre>

das auf das INSPIRE-Attribut name vom komplexen Typ GeographicalName abgebildet werden soll). Zum anderen müssen bei einigen Attributen Wertzuweisungslisten erstellt werden, da sich die Wertebereiche im Quell- von jenen im Zielschema unterscheiden. Dies betrifft z. B. die Attribute verticalGeometryEstimatedAccuracy und horizontalGeometryEstimatedAccuracy aus dem Zielschema, die einen skalaren Wert vom Typ Length erwarten und im Quellschema ein Code zur Beschreibung der Genauigkeit gegeben ist. Tab. 3 zeigt beispielhaft einen entsprechenden Ausschnitt aus den Quell- und den Zieldaten. In dem Beispiel wird in den Quelldaten ein Code »1000« (steht für »Laserscan«) angegeben. Das Zielschema verlangt jedoch einen skalaren Wert, im Beispiel 0,2 Meter. Die Abbildung der Codes aus den Quelldaten auf skalare Werte geschieht mittels einer Wertzuweisungsliste.

Weitere Wertzuweisungslisten müssen u. a. zwischen folgenden Attributen bzw. Codelisten (Quellschema → Zielschema) erstellt werden, um die Transformationsregeln zu vervollständigen: DatenquelleBodenhoehe → verticalGeometryReference3DBottom (wobei es fraglich ist, ob die gegebenen Codes im Quellschema mit Bedeutungen wie »Verschneidung mit DGM« auf die Codes im Zielschema wie »Lowest Floor Above Ground« oder »Bottom of Construction« abgebildet werden können), function → currentUse, RoofTypeTypeAdV → RoofTypeValue und Datenquelle Bodenhoehe → ElevationReferenceValue.

Die Regeln aus der Mapping-Tabelle wurden in Form eines FME-Workspaces implementiert. Der Workspace liest CityGML-Daten in LoD1 und LoD2, die dem CityGML 1.0 AdV Profil entsprechen und gemäß dem Prüfplan für Gebäudemodelle korrekt sind, und transformiert diese nach CityGML INSPIRE ADE Buildings-Core3D. Da die Mapping-Tabelle, wie oben beschrieben, nicht vollständig ist, wurden entsprechende Annahmen für ein korrektes Mapping getroffen bzw. wurden für die fehlenden Wertzuweisungslisten entsprechende Dummy-Werte verwendet. Bei der Transformation wurde eine Inkonsistenz in den XML-Schema-Dateien des INSPIRE-Schemas aufgedeckt. So importiert das INSPIRE BU XML-Schema weitere INSPIRE XML Schemata, die selbst wiederum INSPIRE XML Schemata importieren, welche sich auf unterschiedliche Versionen der INSPIRE Data Specification beziehen. Die unterschiedlichen Versionen der Schemata haben unterschiedliche Namensraum-URIs, die jedoch in INSPIRE-Instanzdokumenten durch identische Namensraum-Präfixe abgekürzt werden sollen. Um dieses

Problem zu umgehen, wurden die INSPIRE-Schemata modifiziert. Der FME Workspace funktioniert nur mit diesen modifizierten Schemata korrekt. Für die XML-Validierung der transformierten Daten werden jedoch die Original-Schemata verwendet. Die Verwendung der XML-Schema-Dateien der »CityGML INSPIRE ADE« führte unter Verwendung des CityGML Writers, der Standard-Komponente von FME für das Schreiben von CityGML, zu keinen weiteren Problemen.

In einer parallel zur hier beschriebenen Forschungskooperation an der TU München angefertigten Bachelorarbeit (Popp 2015) wurde statt der CityGML INSPIRE ADE die Default-Codierung »INSPIRE BU« getestet. Der FME-Workspace musste etwas komplexer gestaltet werden, da neben der Semantik auch die Geometrie gesondert behandelt werden musste. Dies wurde nötig, weil die Gebäudeobjekte in den Quelldaten neben der Gebäudehülle in Form eines 3D-Körpers die Schnittlinie mit dem Gelände (lod2TerrainIntersection) als zweites geometrisches Attribut besitzen. Der CityGML-Writer behandelt dies automatisch, die FME-Komponente für das Schreiben von INSPIRE-GML hingegen nicht.

4 Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass für die vorliegenden 3D-Gebäudemodelle der Länder eine Transformation in die INSPIRE-Schemata »INSPIRE BU« und »CityGML INSPIRE ADE« unter Nutzung der Mapping-Tabelle der AdV und auf der Grundlage kommerzieller Software durchführbar ist. Das hierfür entwickelte Konzept sieht zunächst eine Prüfung der Quelldaten nach der entsprechenden Prüfspezifikation vor. Dies hat zur Folge, dass die Transformationsprozesse selbst relativ einfach gehalten werden können, da auf eine umfangreiche Fehler- und Ausnahmenbehandlung bei der Transformation verzichtet werden kann.

Die Erkenntnisse aus den Untersuchungen zur Schematransformation, beispielsweise die nötigen Präzisierungen der Mapping-Tabelle, sind in die Fortführung der Mapping-Tabelle und einer Fortschreibung der FME-Workspaces durch die Projektgruppe 3D-Geobasisdaten der AdV eingeflossen. Es wurden insbesondere fehlende Transformationsregeln für Attribute von einfachen Datentypen aus dem Quellschema auf komplexen Datentypen des INSPIRE-Schemas ergänzt. Zudem wurden fehlende Wertzuweisungslisten für einige Attribute bzw. Codelisten erstellt sowie der auf »CityGML INSPIRE ADE« basierende FME-Workspace angepasst und anhand einiger Länderdaten verifiziert. Diese sind für die endgültige, bundeseinheitliche Umsetzung noch durch die AdV zu beschließen. Aus den gewonnenen Erfahrungen wird es in einfacher Weise möglich sein, softwareunabhängige

Produktspezifikationen der AdV zur Umsetzung von 3D-Gebäudemodellen nach INSPIRE zu erstellen.

Die Landesverwaltungen haben im internationalen Vergleich früh damit begonnen, flächendeckend semantische 3D-Gebäudemodelle zu erstellen. Die hier beschriebenen Untersuchungen zeigen, dass sich die Berücksichtigung des internationalen Standards CityGML, sowohl durch die AdV bei der Erstellung des nationalen Fachschemas für 3D-Gebäudemodelle, als auch durch die INSPIRE-Arbeitsgruppe bei der Erstellung der europäischen Datenspezifikation für Gebäude, sehr positiv auf die Transformierbarkeit der Daten auswirken. Durch den gewählten Weg ist sichergestellt, dass die laut INSPIRE bis 2020 zu erfüllenden Anforderungen erreicht werden können.

Dank

Die Autoren danken Frau Mandana Moshrefzadeh, M. Sc. für die Implementierung der FME-Workspaces und Frau Dipl.-Inf. Tatjana Kutzner für die Beratung in Bezug auf die CityGML INSPIRE ADE.

Literatur

- AdV (2013): Produktstandard für 3D-Gebäudemodelle 1071R2. www.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/Standards-der-Geotopographie, letzter Zugriff 2/2016.
- AdV (2014): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), Version 7.0.1. Unveröffentlicht.
- AdV (2015a): AdV-CityGML-Profile für 3D-Gebäudemodelle Ergebnisse der PG »3D-Gebäudemodelle« der AdV, 17.01.2015. www.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/Standards-der-Geotopographie, letzter Zugriff 2/2016.
- AdV (2015b): Mapping-Tabelle für AAA-CityGML1.0, 22.05.2015. www.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/Beispielsammlungen, letzter Zugriff 2/2016.
- AdV (2015c): Prüfplan 3D-Gebäudemodelle in der Version 1.3 und 1.2. www.adv-online.de/AdV-Produkte/Standards-und-Produktblaetter/Beispielsammlungen, letzter Zugriff 2/2016.
- AdV (2015d): Datenformatbeschreibung 3D-Gebäudemodell LoD2 Deutschland, AK GT Beschluss 28/04, AK GT Unterlage 1195. Unveröffentlicht.
- con terra (2015): FME Desktop, Wichmann.
- Donaubauer, A., Kutzner, T., Gnägi, H.R., Henrich, S., Fichtinger, A. (2010): Webbasierte Modelltransformation in der Geoinformatik. In: Engels G., Karagiannis, D., Mayr, H.C. (Hrsg.): Lecture Notes in Informatics – Proceedings. Modellierung 2010, Volume P-161, S. 269–284, Gesellschaft für Informatik, Bonn.
- Fichtinger, A. (2011): Semantische Transformation im Kontext von INSPIRE – dargestellt am Beispiel der grenzüberschreitenden Bodenseeregion. Dissertation, Technische Universität München.

- Gröger, G., Kolbe, T.H., Czerwinski, A., Nagel, C. (2008): OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard. Open Geospatial Consortium.
- Gröger, G., Kutzner, T., Kolbe, T.H. (2013): A CityGML-based encoding for the INSPIRE Data Specification on Buildings. INSPIRE Conference 2013.
- Gröger, G., Plümer, L. (2014): Das Gebäudemodell der Initiative INSPIRE. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 139. Jg., Heft 2/2014, S. 90–102.
- Gruber, U., Riecken, J., Seifert, M. (2014): Germany on the Way to 3D-Cadastre. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 139. Jg., Heft 4/2014, S. 223–228.
- INSPIRE Thematic Working Group Buildings (2013): D2.8.III.2 Data Specification on Buildings – Draft Technical Guidelines, Version 3.0rc3.
- von Janowsky, D., Ludwig, R., Roschlaub, R., Streuff, H. (2010): Geodateninfrastrukturrecht in Bund und Ländern. Kommunal- und Schulbuchverlag, Wiesbaden.
- Kutzner, T., Eisenhut, C. (2010): Vergleichende Untersuchungen zur Modellierung und Modelltransformation in der Region Bodensee im Kontext von INSPIRE. Technische Universität München. <http://mediatum.ub.tum.de/doc/1223763/166974.pdf>, letzter Zugriff 2/2016.
- Lenkungsausschuss Geobasis (LA Geobasis) (2011): Anlage zum Beschluss 2/4 vom 12.04.2011 über die Einrichtung einer Zentralen Stelle für die Bereitstellung von Hauskoordinaten und Hausumringen, geändert durch Beschluss 4/1 des Lenkungsausschuss Geobasis vom 01.12.2011.
- Popp, L. (2015): Semantische Transformation von 3D-Gebäudedaten nach INSPIRE. Bachelorarbeit im Studiengang Geodäsie und Geoinformation, Technische Universität München.
- Special Interest Group 3D (SIG3D): www.sig3d.de/index.php?catid=3&themaid=6733857, letzter Zugriff 2/2016.
- Staub, P., Gnägi, H.R., Morf, A. (2008): Semantic Interoperability through the Definition of Conceptual Model Transformations. Transactions in GIS 12, S. 193–207.
- Wagner, D., Kolbe, T.H., Coors, V. (2014): Spezifikation von Prüfplänen und Prüfergebnissen zur Validierung von 3D-Stadtmodellen. In: DGPF Tagungsband 23.

Anschrift der Autoren

Dr.-Ing. Klement Aringer
 Dr.-Ing. Robert Roschlaub
 Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung
 Alexandrastraße 4, 80538 München
klement.aringer@ldbv.bayern.de
robert.roschlaub@ldbv.bayern.de

Prof. Dr. rer. nat. Thomas H. Kolbe
 Dr.-Ing. Andreas Donaubauer
 Technische Universität München
 Lehrstuhl für Geoinformatik
 Arcisstraße 21, 80290 München
thomas.kolbe@tum.de
andreas.donaubauer@tum.de

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