

Das Gebäudemodell der Initiative INSPIRE

Gerhard Gröger und Lutz Plümer

Zusammenfassung

Im Rahmen der INSPIRE-Initiative werden derzeit einheitliche, harmonisierte Datenmodelle entwickelt, die den reibungslosen Austausch von Geodaten in der EU über Länder- und Systemgrenzen ermöglichen sollen. Dieser Artikel stellt das Gebäudemodell von INSPIRE vor, das die Datengrundlage für viele relevante Anwendungen aus Bereichen wie Umwelt, Sicherheit, Planung oder Tourismus bildet. Um der heterogenen Datenverfügbarkeit und den heterogenen Anforderungen von Anwendungen in der EU gerecht zu werden, setzt sich das Gebäudemodell modular aus vier Profilen zusammen. Zwei dieser Profile, *Core 2D* für zwei- und zweieinhalbdimensionale und *Core 3D* für dreidimensionale Gebäudedaten, sind normativ und erlangen Gesetzeskraft. *Core 3D* ermöglicht die Repräsentation von Gebäuden in den fünf Detailgraden, die von dem internationalen Standard CityGML für 3D-Stadtmodelle definiert sind.

Summary

The INSPIRE initiative of the European Union aims at developing unified, harmonized data models, which will enable the seamless data exchange in the member states of the EU across country and system borders. In this paper, the building model of INSPIRE is presented, which is the base for many relevant applications from areas such as environment, safety, spatial planning, or tourism. To cope with the heterogeneous data availability and with the heterogeneous requirements of applications, a modular approach providing four profiles was chosen. Two of them, Core 2D for two and two and a half dimensional and Core 3D for three dimensional building data, are normative and will be enacted. The Core 3D profile provides building data in five levels of detail, which are defined by the international standard CityGML for 3D city models.

Schlüsselwörter: INSPIRE, Gebäudemodell, Interoperabilität, AAA®-Modell, CityGML

1 Einleitung

Die Initiative INSPIRE^{1,2} der Europäischen Union verfolgt das Ziel, eine länder- und systemübergreifende Geodateninfrastruktur (GDI) in den Mitgliedsstaaten der EU aufzubauen. Ursprünglich wurde INSPIRE entwickelt, um die Berichtspflichten der Mitgliedsstaaten gegenüber der Europäischen Kommission zu erfüllen, vorrangig in der Umweltpolitik. Während zunächst nur Metadaten betroffen sind, ist mittelfristig die interoperable Bereitstellung von Geodaten mittels Geo-Web-Services wie *Web Feature Services* (Vretanos 2010) vorgesehen. Die Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie ist nicht mit der Neuerfassung von

Geodaten verbunden, sondern es geht um die Bereitstellung derjenigen Daten, die in den Mitgliedsstaaten bereits vorliegen oder aus existierenden Daten mit vertretbarem Aufwand abgeleitet werden können.

Ein wesentlicher Bestandteil dieser Initiative sind Datenspezifikationen für thematische Bereiche, die das Problem der Heterogenität der Datenmodelle der einzelnen Mitgliedsstaaten lösen und harmonisierte, interoperable Datenmodelle zur Verfügung stellen. Es wurden 34 Themen von der Europäischen Kommission identifiziert, die für die verschiedenen raumbezogenen Anwendungen in den Mitgliedsstaaten relevant sind. In einer ersten Stufe, als Anhang I bezeichnet, wurden bis Ende 2010 Spezifikationen für die folgenden, grundlegenden Themen erstellt: Koordinatenreferenzsysteme, Geografische Gittersysteme, Geografische Bezeichnungen, Verwaltungseinheiten, Adressen, Flurstücke/Grundstücke, Verkehrsnetze, Gewässernetz und Schutzgebiete. Darauf aufbauen werden in den Anhängen II und III derzeit Spezifikationen für fachspezifische Themen wie Geologie, Gebäude, Bodennutzung, Umweltüberwachung, Produktions- und Industrieanlagen oder Energiequellen erarbeitet³. Diese Spezifikationen sollen Anfang 2014 fertiggestellt sein.

Daten aus dem Bereich des Themas »Gebäude« sind eine essenzielle Voraussetzung für viele räumliche Anwendungen wie etwa die Simulation und Kartierung von Lärm (Czerwinski et al. 2013), von Überflutungsgebieten oder der Luftzirkulation, zur Abschätzung von Bevölkerungszahlen für statistische Einheiten, für die Kommunikation mit dem Bürger bei Planungsvorhaben und zur Risikoabschätzung und Risikobewertung, um nur einige Anwendungen zu nennen. Die Spezifikation für das Thema »Gebäude« wird seit 2010 von der »Themativen Arbeitsgruppe für Gebäude« (TWG BU), in der 15 Experten aus verschiedenen Vermessungs- oder Geoinformationsverwaltungen und aus dem universitären Bereich zusammenarbeiten, entwickelt. Als erster Schritt bei dem Entwurf des Modells wurden zunächst mögliche Anwendungen für Gebäudedaten in den Mitgliedsstaaten analysiert und daraus Anforderungen an das Gebäudemodell hergeleitet. Als nächster Schritt wurden existierende Gebäudemodelle – nationale wie das AAA®-Modell (AdV 2008) oder internationale wie CityGML (Gröger et al. 2012, Gröger und Plümer 2012, Löwner et al. 2012), die Industry Foundation Classes (IFC) (buildingSMART

1 Infrastructure for Spatial Information in the European Community

2 INSPIRE wurde durch die Richtlinie 2007/2/EC des Europäischen Parlaments und der Kommission vom 14. März 2007 initiiert, vgl. EU (2007).

3 Aktuelle Versionen aller Spezifikationen sind unter <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2> verfügbar.

2007) aus dem Architektur- und Konstruktionsbereich, das *Land Administration Domain Model (LADM)* (ISO TC 211 2012), der Standard ISO 6707 *Building and Civil Engineering* (ISO/TC 59/SC 2 2004) oder der *DGIWG Feature Data Dictionary (DFDD)* (DGIWG 2010) aus dem militärischen Bereich analysiert und daraufhin geprüft, inwieweit diese Standards oder einzelne Konzepte daraus für die Übernahme in das INSPIRE-Gebäudemodell geeignet sind. Da CityGML eine ähnliche Zielrichtung wie INSPIRE verfolgt, bereits erfolgreich für die Umsetzung von EU-Richtlinien im Umweltbereich in Form der Umgebungslärmrichtlinie eingesetzt wurde (Czerwinski et al. 2013), auf ISO- und OGC-Standards basiert und ein internationaler Standard ist, spielte dieses Modell die größte Rolle bei der Entwicklung des INSPIRE-Gebäudemodells.

Die Herausforderung bei der Entwicklung des INSPIRE-Gebäudemodells lagen darin, die sehr heterogenen Anforderungen der relevanten Anwendungen, die verschiedenen nationalen Gebäudemodelle in den Mitgliedsstaaten und die heterogene Verfügbarkeit von Gebäudedaten in einem Modell zu berücksichtigen. Ein für die Lösung dieser Probleme entscheidender Aspekt war die konsequente Umsetzung eines Profilansatzes: Das INSPIRE-Gebäudemodell besteht aus vier verschiedenen *Profilen*, die sich in der semantischen und geometrischen Reichhaltigkeit unterscheiden. Zwei dieser Profile, die *Core*-Profile, sind normativ, d.h. sie erlangen durch Übernahme in die Durchführungsbestimmungen zu INSPIRE Gesetzeskraft. Die beiden erweiterten Profile haben ergänzenden Charakter; sie stellen Empfehlungen für Datenanbieter dar, solche Daten, die über die *Core*-Profile hinausgehen, in einheitlicher, interoperabler Weise abzugeben. Die erweiterten Profile können entweder vollständig umgesetzt oder als Vorrat an Attributen oder Geo-Objekttypen angesehen werden, von denen eine Teilmenge verwendet werden kann.

Dieser Beitrag beschreibt zunächst die Anwendungen für das Gebäudemodell und die daraus resultierenden Anforderungen an das Modell, stellt die beiden normativen Profile *Core 2D* und *Core 3D* des INSPIRE-Gebäudemodells im Detail vor, gibt einen Ausblick auf die erweiterten Profile und vergleicht schließlich dieses Modell mit dem deutschen AAA®-Modell. Basis dieses Beitrages ist das Gebäudemodell in der Version 3, Release Candidate 3 (v3 rc3), vgl. INSPIRE TWG BU (2013).

2 Analyse der Anwendungen des Gebäudemodells

Eine wesentliche Vorarbeit bei der Entwicklung des INSPIRE-Gebäudemodells war die ausführliche Analyse der Anwendungen von Gebäudedaten in den Mitgliedsstaaten. Hierzu führten die Mitglieder der TWG BU über 100 strukturierte Interviews mit Verantwortlichen von Projekten, in denen Gebäudemodelle eine wesentliche Rolle spielen. Die Ergebnisse der Befragungen wurden

in Fragebögen dokumentiert, aus denen dann Aussagen über die Relevanz einzelner Objekttypen, Attribute, Relationen und Geometrirepräsentationen hergeleitet werden konnten. Das Ergebnis der Umfrage ist im Folgenden skizziert; für Details wird auf Anhang B in INSPIRE TWG BU (2013) verwiesen.

In vielen Anwendungen spielen Gebäude die Rolle eines topographischen Objekts, das Ausbreitungen von Strömen, Schwingungen oder Strahlungen beeinflusst. Beispiele sind Luftzirkulation, Wind, Lärm, Überschwemmungen und Sonnenenergie. Für entsprechende Simulationsverfahren sind Gebäudedaten eine wichtige Datenquelle. Hier wird oft die dreidimensionale Gestalt eines Gebäudes oder sonstigen Bauwerks benötigt, die in der Regel durch ein Klötzenmodell approximiert wird, das durch die geometrische Form des Dachs verfeinert werden kann. Ebenso können Angaben über die Materialien, aus denen das Dach oder die Wände bestehen, erforderlich sein.

Die Schätzung der Bevölkerungszahlen für statistische Einheiten ist eine weitere Anwendung des Gebäudemodells. Als Basis der Schätzung dienen der Flächeninhalt des Gebäudegrundrisses, die Stockwerksanzahl (alternativ die relative Gebäudehöhe zur Schätzung dieser Anzahl) und die aktuelle Nutzung des Gebäudes (z.B. Wohnen oder Handel).

Die Erstellung mittelmaßstäbiger topographischer Karten oder großmaßstäbiger Stadtkarten etwa für touristische Zwecke erfordert die Kenntnis der 2D-Geometrie von Gebäuden (oft auch der Gebäudeteile), die Art und Nutzung des Gebäudes, bei signifikanten Gebäuden auch deren Namen. Sonstige Bauwerke sind hier ebenfalls relevant.

Dreidimensionale Gebäudemodelle spielen eine wichtige Rolle bei raumbezogenen Bauplanungen und den entsprechenden Kommunikationsprozessen, etwa bei Bürgerbeteiligungen im Kontext von Planungsvorhaben. Die 3D-Geometrie von Gebäuden wird hierzu benötigt, ebenso wie die von Wandflächen, Dachflächen und Öffnungen. Zusätzlich sind Informationen über Materialien von Fassaden und Dächern hilfreich, ebenso wie Texturen zur Visualisierung.

Im Bereich der Sicherheit spielen Gebäude die Rolle von Hindernissen für den Flugverkehr und sie dienen als Landmarken für die Seenavigation. Benötigt werden die 2D-Geometrie und die Höhe von Gebäuden und sonstigen Bauwerken, ebenso wie die Information, ob es sich um eine Landmarke handelt und, wenn dies der Fall ist, die Art der Landmarke.

Für die Risikoanalyse, die Risikobewertung und das Risikomanagement sind Gebäude eine wichtige Datengrundlage. Risiken können Überflutungen, Erdrutsche, Erdbeben und Feuer sein. Bedarf besteht hier an der (2D-)Lage der Gebäude, der aktuellen Nutzung – insbesondere der Art der Dienstleistung, die erbracht wird (z.B. Schule, Krankenhaus oder Rettungsdienst) und ob es sich um Wohngebäude handelt. Die Materialien der

Gebäudestruktur, der Fassade, die Anzahl der Stockwerke, die Struktur der einzelnen Stockwerke, Türen und Fenster und die Gebäudehöhe sind erforderliche Angaben. Das Baujahr bzw. das Jahr der letzten Renovierung erlauben Aufschlüsse über den Grad der Verwundbarkeit des Gebäudes. Um weitere Informationen aus externen Datenquellen hinzuziehen zu können, ist der Identifikator in diesen Beständen (Externe Referenz) erforderlich. Für die Planung von Maßnahmen im Rahmen des Risikomanagements sind Bauwerke wie Brücken, Tunnel, nicht überdachte Schwimmbäder, Flachdachgebäude (Eignung als Landeplatz für Hubschrauber) sowie Adressen relevant, ebenso wie die dreidimensionale Geometrie von Öffnungen, von Installationen wie Treppenhäusern und Aufzügen und von Innenräumen.

Im Bereich Umwelt (Lärmschutz, Bodenqualität, Luftqualität, Reduktion von CO₂-Emissionen, Nachhaltigkeit) gibt es vielfältige Anwendungen, bei denen Gebäude eine entscheidende Rolle spielen. Für die Lärmsimulation ist die 2D-Geometrie und die Höhe (alternativ die grobe 3D-Geometrie), die Dachform, das Material der Fassade und des Dachs, die Gebäudenutzung (Schule, Kindergarten, Krankenhaus, ...) und die Anzahl der Wohneinheiten erforderlich. Zur Abschätzung der Energieperformanz eines Gebäudes wird die 2D-Geometrie, die amtliche Fläche, die Nutzung, die Anzahl der Stockwerke, das Baujahr und die externe Referenz benötigt, die etwa Zugriff auf in Datensätzen von Energieversorgern bereitgehaltene Verbrauchsdaten ermöglicht. Das Ergebnis der Abschätzung sollte als Attribut beim Gebäude gespeichert werden können. Für Anwendungen zur Reduktion der CO₂-Emissionen sind ein Innenraummodell (LoD4 nach der CityGML-Klassifikation), d.h. die geometrische Beschreibung der Räume und Einheiten eines Gebäudes zusammen mit Angaben über die Materialien des Dachs und der Fassade, die Art der Heizung bzw. den Brennstoff, sowie über Installationen wie Klimaanlagen oder Solarzellen erforderlich.

Zur Planung von Infrastrukturanlagen wie Windparks sind die 2D-Geometrie und die Art der Nutzung wichtige Informationen (um etwa einen Mindestabstand zu Wohngebäuden einhalten zu können), ebenso wie die Lage von schutzwürdigen Gebäuden wie Burgen oder Schlösser, die ebenfalls Einschränkungen der Lage geplanter Windparks bilden können.

Die Stadt- und Raumplanung und die Überwachung der Planungsergebnisse benötigen Angaben über die 3D-Geometrie (alternativ die 2D-Geometrie und die relative Höhe) von Gebäuden, geplante Gebäude, das Baujahr und den Zeitpunkt des Abrisses von Gebäuden. Um Restriktionen für die Planung berücksichtigen zu können, sind die Klassifikation von Gebäuden oder Bauwerken als denkmalgeschützt oder als gefährdend bzw. belästigend (z.B. Gastanks oder Militärflughäfen) relevant.

Die Ergebnisse der Analyse der einzelnen Anwendungsfälle für das Thema *Gebäude* stellte den Ausgangspunkt für den Entwurf des Gebäudemodells, im Beson-

deren die verwendeten Geo-Objekttypen, deren Attribute und Relationen sowie die Ausprägungen des Raumbezugs dar. Das resultierende Modell wird im nächsten Abschnitt beschrieben.

3 Das Gebäudemodell

Beim Entwurf des Gebäudemodells, das die in Abschnitt 2 dargelegten Anforderungen erfüllen sollte, wurde zunächst der inhaltliche Definitionsbereich festgelegt, der die nicht sehr aussagekräftige Vorgabe der INSPIRE-Richtlinie (EU 2007) – »Geographical location of buildings« – konkretisiert. Es wurde folgende Definition gewählt, die entsprechende Definitionen in den Mitgliedsstaaten⁴ subsumiert: »Ein Gebäude ist ein umschlossenes über- und/oder unterirdisches Bauwerk, dessen intendierte und tatsächliche Nutzung der Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen oder die Herstellung von Wirtschaftsgütern ist. Ein Gebäude ist dauerhaft an seinem Standort errichtet.«⁵ Bei der Analyse der Anwendungsfälle zeigte sich jedoch, dass diese Definition für viele Anwendungen von Gebäudemodellen zu eng gefasst ist. Ein Beispiel ist die Sicherheit des Luftverkehrs, für die auch Bauwerke wie freistehende Antennen oder Freileitungsmasten relevant sind. Diese Bauwerke sind jedoch keine Gebäude im Sinne der obigen Definition, da sie nicht umschlossen sind. Daher wurde der Definitionsbereich des Themas *Gebäude* erweitert um sonstige Bauwerke (Klasse *Other Construction*), die die Gebäude im obigen Sinn (Klasse *Building*) ergänzen. In der unten vorgestellten Struktur des Gebäudemodells sind die sonstigen Bauwerke jedoch nicht in den grundlegenden (*Core*) Profilen zu finden, sondern in den erweiterten (*Extended*) Profilen.

Es muss betont werden, dass diese Erweiterung des inhaltlichen Definitionsbereichs um sonstige Bauwerke das in der Datenspezifikation festgelegte Thema *Buildings* betrifft, nicht jedoch die Objektklasse *Building*. Die sonstigen Bauwerke sind nicht im normativen Teil des Gebäudemodells, den unten beschriebenen *Core*-Profilen, definiert, sondern in den optionalen erweiterten Profilen. Somit hat diese Erweiterung keine Auswirkungen auf den normativen Teil des Gebäudemodells, der in den Durchführungsbestimmungen (»Implementing Rules«) festgelegt wird und verpflichtenden Charakter hat.

Der Definitionsbereich der sonstigen Bauwerke (Klasse *OtherConstruction*) unterscheidet sich von dem eines Gebäudes insbesondere dadurch, dass sonstige Bauwerke

⁴ In Deutschland z.B. im ATKIS® (AdV 2004) und in den Landesbauordnungen, z.B. § 2 in der Landesbauordnung NRW (BauO NRW 2000).

⁵ Der englische Text der Definition ist wie folgt: »Buildings are enclosed constructions above and/or underground which are intended or used for the shelter of humans, animals, things or the production of economic goods and that refer to any structure permanently constructed or erected on its site« (INSPIRE TWG BU 2013).

nicht vollständig umschlossen sein müssen. Weiterhin fallen nur solche Bauwerke unter die Gebäude-Spezifikation, die für die Umsetzung der Anwendungsfälle des Gebäudemodells erforderlich sind (vgl. Abschnitt 2) und nicht in einem anderen INSPIRE-Thema definiert sind. So sind zum Beispiel Dämme nicht vom Definitionsbereich der Gebäude-Spezifikation erfasst, da diese bereits in Anhang I im INSPIRE-Thema *Hydrologie* (INSPIRE TWG HY 2010) definiert wurden.

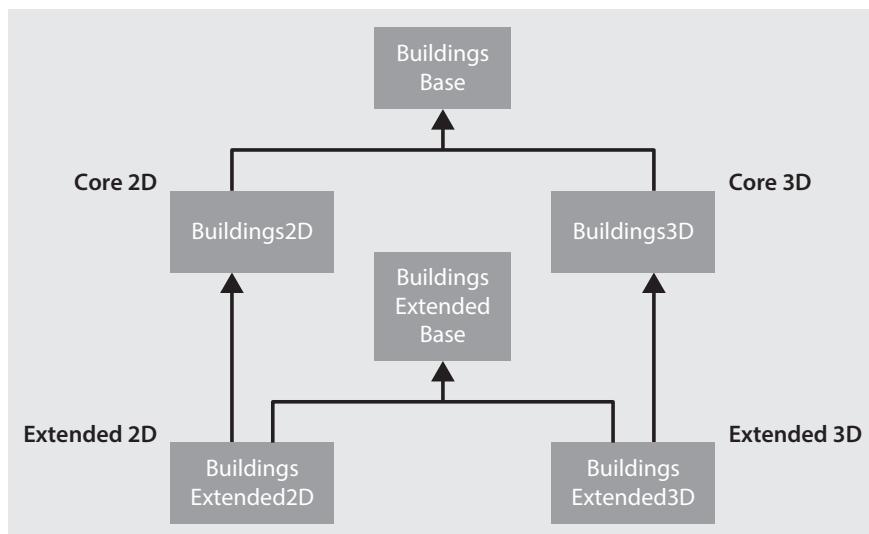


Abb. 1: Struktur des Gebäudemodells. Die sechs Anwendungsschemata (graue Kästchen) definieren die vier Profile (schwarze Schrift). Die Abhängigkeiten zwischen den Schemata sind durch die Pfeile dargestellt: Wenn ein Schema A Klassen eines anderen Schemas B verwendet, zeigt ein Pfeil von A nach B, vgl. INSPIRE TWG BU 2013.

Neben der Notwendigkeit, den Definitionsbereich des Themas *Gebäude* zu erweitern, war die Vielfältigkeit und Heterogenität sowohl der Anforderungen an Gebäudemodelle als auch der existierenden Datenmodelle und Datensätze in den Mitgliedsstaaten eine Herausforderung bei der Modellierung. Bei der Entwicklung des Modells wurde allen Beteiligten schon in einem frühen Stadium bewusst, dass ein einzelnes monolithisches Gebäudemodell, bei dem viele Attribute und Geometrien optional sind, nicht angemessen wäre. Stattdessen wurde ein Profilansatz gewählt, bei dem vier wesentliche Teilmodelle identifiziert, definiert und benannt wurden. Durch diese modulare Zerlegung in vier *Profile*, die aufeinander aufbauen, wird den heterogenen Anforderungen Rechnung getragen. Die vier Profile des INSPIRE-Gebäudemodells sind:

- Das *Core 2D*-Profil ist das grundlegende 2D- bzw. 2,5D-Modell für Gebäude. Es sind nur die wichtigsten Attribute wie das Baujahr und die aktuelle Nutzung umgesetzt. Dieses Profil ist normativ, d.h. es ist in den Durchführungsbestimmungen zu INSPIRE enthalten.
- Das *Core 3D*-Profil ergänzt das *Core 2D*-Profil um eine dreidimensionale Repräsentation der Geometrie von Gebäuden. Hierzu wird auf die Modellierung von CityGML Version 2.0 (Gröger et al. 2012, Gröger und Plümer 2012, Löwner et al. 2012), insbesondere die De-

tailgrade (Levels of Detail, abgekürzt LoD) LoD1 bis LoD4 zurückgegriffen. Dieses Profil ist ebenfalls normativ.

- Das *Extended 2D*-Profil erweitert das *Core 2D*-Profil um Bauwerke, die keine Gebäude sind (*OtherConstruction*), Installationen (z.B. Balkone) und in der Regel rechtlich definierte Einheiten in Gebäuden (*BuildingUnits*). Ebenso werden Gebäude und Gebäudeteile durch einen semantisch reichhaltigen Vorrat an Attributen aus den Bereichen Energie, Versorgungsnetze und Kataster charakterisiert.

- Das *Extended 3D*-Profil vereinigt die semantische Reichhaltigkeit des *Extended 2D*-Profils mit der 3D-Geometrie und den 3D-Geo-Objekten von CityGML (wie z.B. Wand-, Dach- und Bodenflächen, Türen, Fenster, Räume, 3D-Installationen) sowie Texturen. Dieses Profil umfasst die anderen drei Profile.

Die beiden normativen *Core*-Profile beziehen sich auf raumbezogene Daten, die in den Mitgliedsstaaten meist flächendeckend verfügbar sind, die häufig genutzt werden und für die eine Harmonisierung auf Europäischer Ebene erforderlich ist, um die Berichtspflichten der EU-Richtlinien zu erfüllen. Dagegen adressieren die beiden optionalen, nichtnormativen erweiterten Profile diejenigen Daten, die oft benötigt werden, deren Harmonisierung jedoch kurzfristig nicht umsetzbar ist.

In Abb. 1 sind die Struktur des Gebäudemodells und die Abhängigkeiten zwischen den vier Profilen dargestellt. Die Bausteine des Modells, das in Form von UML-Diagrammen repräsentiert ist, sind die *Anwendungsschemata*. Das Anwendungsschema *BuildingsBase* definiert grundlegende Klassen, die von den beiden *Core*-Profilen verwendet werden. *Core 2D* ist definiert durch das Anwendungsschema *Buildings2D* (als Erweiterung von *BuildingsBase*) und analog *Core 3D* durch *Buildings3D*. Die Klassen, die den beiden erweiterten Profilen gemeinsam sind, fasst das Anwendungsschema *BuildingsExtendedBase* zusammen. Das Profil *Extended2D* ergibt sich nun durch Kombination von *Core 2D* mit *BuildingsExtendedBase* und analog *Extended3D* durch die Kombination von *Core 3D* und *BuildingsExtendedBase*.

3.1 Das Anwendungsschema *BuildingsBase*

Das Anwendungsschema *BuildingsBase* definiert die Klassen, Typen, Attribute und Relationen, die allen Profilen gemeinsam sind. Das UML-Klassendiagramm dieses

Schemas ist in Abb. 2 dargestellt, während die Definitionen der dort verwendeten Datentypen in Abb. 3 gezeigt sind. Es werden insbesondere die beiden zentralen Geo-Objekttypen des Gebäudemodells definiert: *Building* und *BuildingPart*. Die Definition eines *Building* wurde bereits in der Einleitung dieses Abschnitts vorgestellt. Das Konzept des *BuildingPart*, das CityGML entnommen ist⁶, ermöglicht die Modellierung komplexerer Gebäude, die in einzelne Bestandteile (*BuildingParts*) zerlegbar sind. Diese

Bestandteile können sich von anderen desselben Gebäudes durch Attributwerte (z. B. Höhe oder Nutzung) oder räumliche Eigenschaften (z. B. die Dachform) unterscheiden. Ein *BuildingPart* muss jedoch für sich die Eigenschaften eines *Building* erfüllen, insbesondere muss es auf dem Boden stehen. Hierdurch werden Dachgauben, Türme auf einem Gebäude oder Balkone von der Definition eines *Building Part* ausgeschlossen. Ein *Building* kann aus beliebig vielen *BuildingParts* bestehen (vgl. die *parts*-Relation in Abb. 2).

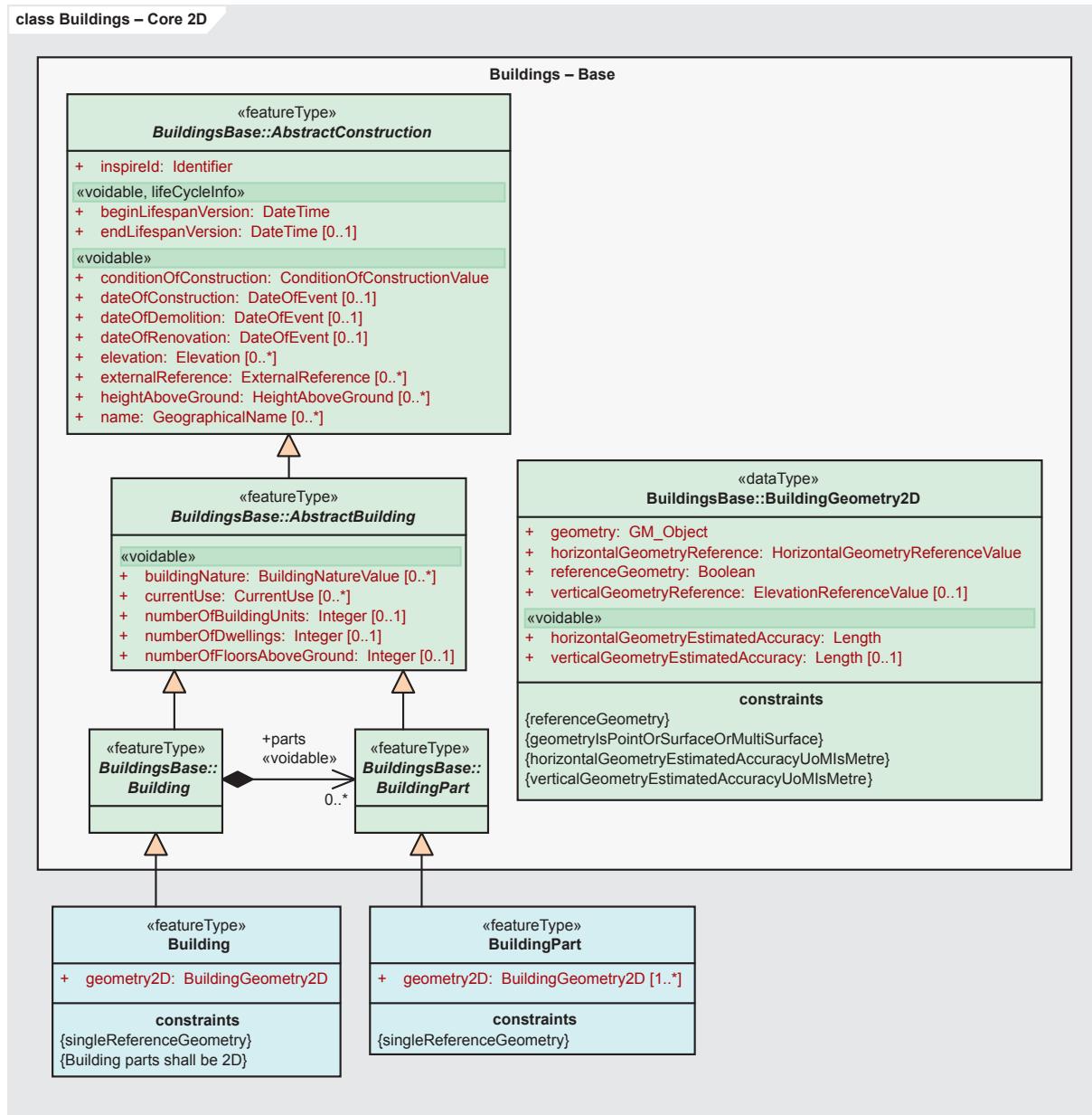


Abb. 2: UML-Diagramm des *Core 2D*-Profils. Dieses setzt sich aus dem Anwendungsschema *BuildingsBase* (hellgrün) und dem Schema *Buildings2D* (hellblau) zusammen⁷.

6 Während in CityGML ein *BuildingPart* wiederum *BuildingParts* haben kann (und so weiter), ist dies in INSPIRE nicht möglich. Da mehr als eine *BuildingPart*-Ebene in der Praxis kaum auftritt, wird auch im Kontext von CityGML diskutiert, *BuildingParts* von *BuildingParts* in der Version 3.0 nicht zuzulassen.

7 Der Stereotype <<voidable>> für Attribute und Assoziationen erfordert, dass eine Begründung für einen fehlenden Wert gegeben

werden muss (wenn die Multiplizität 1 oder größer als untere Grenze hat) bzw. kann (wenn die Multiplizität 0 als untere Grenze hat). Hierfür sind folgende Werte vorgesehen: »unpopulated« (Wert ist nicht im Datenbestand des Anbieters enthalten), »unknown« (Wert ist dem Datenanbieter nicht bekannt oder nicht von ihm ermittelbar) und »withheld« (Wert ist vertraulich), vgl. (INSPIRE Drafting Team Data Specifications 2010).

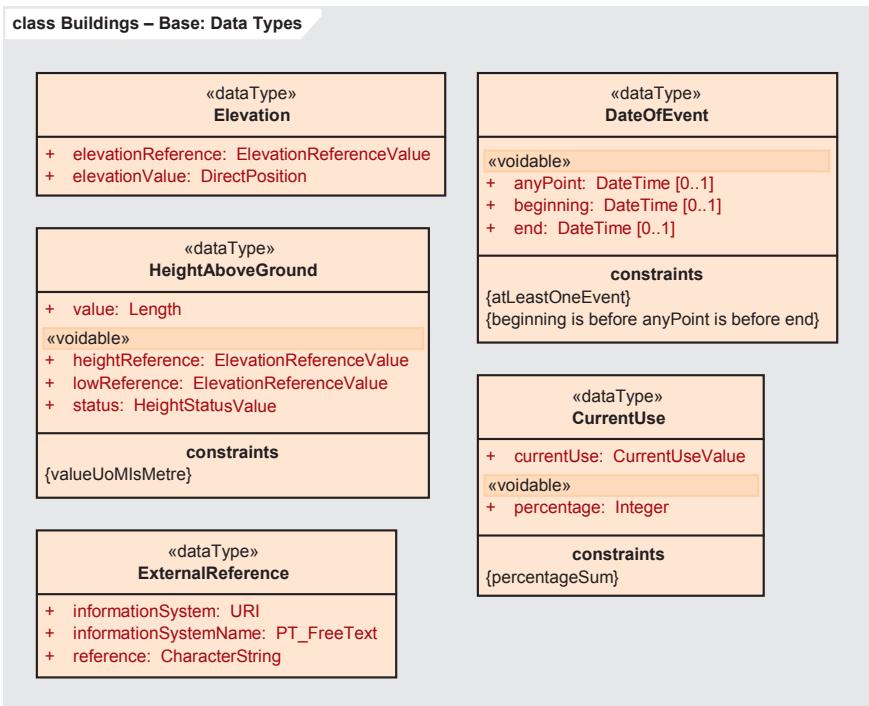


Abb. 3: UML-Diagramm der Datentypen, die im *BuildingsBase*-Anwendungsschema genutzt werden

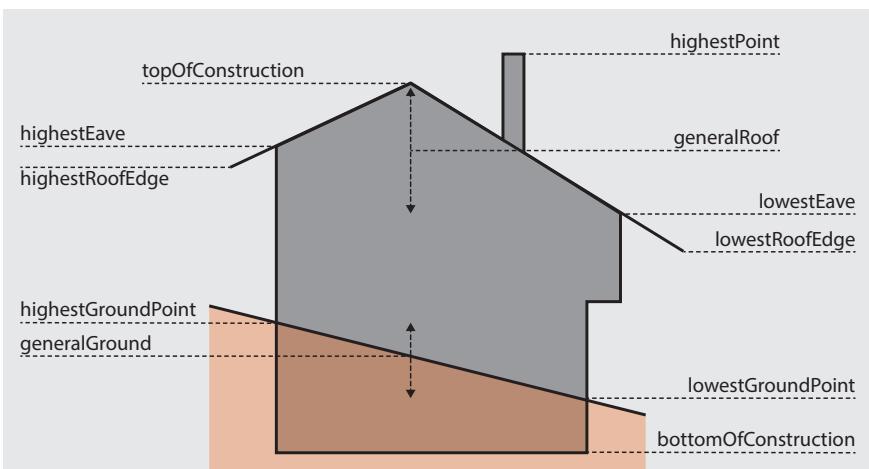


Abb. 4: Veranschaulichung der Werte des Typs *ElevationReferenceValue*. Es sind die Werte *entrancePoint*, *generalEave* (Mittelwert von *lowestEave* und *highestEave*) und *generalRoofEdge* (Mittelwert von *lowestRoofEdge* und *highestRoofEdge*) nicht dargestellt. Ein Wert mit Präfix »general« gibt den Mittelwert der entsprechenden oberen und unteren Referenz an, falls beide verschieden sind, oder er wird verwendet, falls beide gleich sind.

Die Attribute und Geometrien von *Building* und *BuildingPart* sind in den gemeinsamen Oberklassen *AbstractBuilding* und *AbstractConstruction* definiert⁸ und somit für beide Geo-Objekttypen identisch, aber optional. Der Gültigkeitsbereich ist dabei, wie bei solchen Hierarchien üblich, wie folgt definiert: Die Attributwerte eines *Part* gelten nur für diesen, wohingegen die Werte eines *Building* für alle seine untergeordnete *Parts* gelten. Dabei

dürfen keine Widersprüche entstehen (vgl. Stadler und Kolbe 2007). Sind *Parts* vorhanden, wird die Geometrie nur bei diesen und nicht beim übergeordneten *Building* repräsentiert.

Das Attribut *inspireId* der Klasse *AbstractConstruction* ist der eindeutige Objektbezeichner, der von der zuständigen Stelle vergeben wird (vgl. INSPIRE Drafting Team Data Specifications 2010). Externe Anwendungen nutzen diesen zur Referenzierung. Datum und Uhrzeit der Einfügung, Änderung oder Löschung eines Objekts in einen Datensatz werden durch die Attribute *beginLifespanVersion* und *endLifespanVersion* angegeben. Diese sind bei jedem Geo-Objekt im INSPIRE-Kontext – mit Ausnahme rein graphischer Objekte wie Texturen – im *Extended 3D-Profil* vorhanden (vgl. INSPIRE Drafting Team Data Specifications 2010). Das Attribut *conditionOfConstruction* kann die Werte *declined* (verfallen), *demolished* (vollständig abgerissen), *functional* (in Betrieb), *projected* (geplant), *ruin* (Ruine) oder *under construction* (im Bau) annehmen. Ebenso sind das Datum des Baus, des Abrisses und der letzten Renovierung repräsentiert. Die absolute Höhe eines Gebäudes ist durch das Attribut *elevation* realisiert, dessen Datentyp *Elevation* komplex ist (vgl. Abb. 3). Dieser Typ enthält sowohl den Höhenwert (*elevationValue*) als auch die explizite Angabe, auf welches Niveau relativ zum Gebäude er sich bezieht. Dieses wird durch die *elevationReference* angegeben, deren Werte durch den Typ *ElevationReferenceValue* definiert sind. Werte sind z.B. *topOfConstruction*, *lowestGroundPoint*, *bottomOfConstruction*; Abb. 4 illustriert die wichtigsten dieser Werte.

Im Gegensatz zur absoluten *elevation* bezeichnet *heightAboveGround* die relative Gebäudehöhe. Diese wird häufig in 2D- oder 3D-Datenmodellen wie etwa CityGML verwendet, ist jedoch selten präzise definiert. Es ist meist unklar, auf welche Höhenniveaus sich der untere und der obere Referenzpunkt der relativen Höhe beziehen. Im INSPIRE Gebäudemodell ist die relative Höhe als komplexer Datentyp *HeightAboveGround* (vgl. Abb. 3) umgesetzt, der neben der Höhe (*value*) den unteren (*lowReference*) und den oberen Referenzpunkt (*highReference*) angibt. Beide Werte sind – ebenso wie bei der

8 Die Aufteilung in zwei Klassen erfolgte, um in den erweiterten Profilen die differenzierte Vererbung von *Building* und *OtherConstruction* zu ermöglichen.

absoluten Höhe – durch den Typ *ElevationReferenceValue* (vgl. Abb. 4) definiert. Der *status*-Wert gibt an, ob die Höhe gemessen oder geschätzt ist.

Um an weitere Informationen zu *Buildings* oder zu *BuildingParts*, die in externen Datenbanken abgelegt sind, zu gelangen, wird die *externalReference* genutzt. Diese beinhaltet den Identifikator des Geo-Objekts in dieser externen Datenbank und den Bezeichner dieser Datenbank. Das Konzept der *externalReference* wurde von CityGML übernommen. Der Name eines Gebäudes wird durch einen Wert des komplexen Datentyps *Geographical Names* repräsentiert. Dieser Typ wurde in Anhang I im gleichnamigen Anwendungsschema spezifiziert (INSPIRE TWG GN 2010).

Wenn ein Gebäude eine Landmarke ist oder in sonstiger Weise topographisch eine besondere Bedeutung hat, ist dies im Attribut *buildingNature* vermerkt. Die Werte sind in Abb. 5 aufgeführt. Für die tatsächliche Nutzung eines Gebäudes ist *currentUse* vorgesehen. Die Werte, die dieses Attribut annehmen kann, sind in einer sogenannten »Hierarchischen Codeliste«⁹ definiert:

- 1. residential
 - 1.1 individualResidence
 - 1.2 collectiveResidence
 - 1.2.1 twoDwellings
 - 1.2.2 moreThanTwoDwellings
 - 1.3 residenceForCommunities
- 2. agriculture
- 3. industrial
- 4. commerceAndServices
 - 4.1 office
 - 4.2 trade
 - 4.3 publicServices
- 5. ancillary

Der Detailgrad der Werte in dieser Struktur ist sehr grob. Die Intention hierfür ist, dass detailliertere Werte den anderen fachspezifischen INSPIRE-Spezifikationen entnommen werden sollen. Beispiele sind *Produktions- und Industrieanlagen* (INSPIRE TWG PF 2013) für den Wert *industrial* und *Versorgungswirtschaft und staatliche Dienste* (INSPIRE TWG US 2013) für den Wert *commerce AndServices*. Dass der Wert *residential* relativ detailliert ausgeführt ist, liegt daran, dass es kein INSPIRE-Thema zum Bereich »Wohnen« gibt, das feinere Werte liefern könnte. Der Typ des *currentUse*-Attributs ist komplex: Er besteht aus dem Wert und einem Anteil dieses Wertes an der Gesamtnutzung des Gebäudes (vgl. den Typ *current Use* in Abb. 3). Da das Attribut mehrfach auftreten kann

(Multiplizität 0..* in Abb. 3), können mehrere Nutzungen anteilig quantitativ repräsentiert werden.

Hinsichtlich der Erweiterbarkeit der Codelisten durch die Mitgliedsstaaten sind drei Fälle zu unterscheiden, die durch das Kennzeichen (*tag*) *extensibility* im UML-Diagramm in Abb. 5 angegeben sind: Ist der Wert des Kennzeichens *none* (wie etwa bei *ElevationReferenceValue*), darf keine Erweiterung vorgenommen werden. Bei *any* (z.B. bei *BuildingNatureValue*) dürfen beliebige Erweiterungen durch die Mitgliedsstaaten erfolgen und bei *narrower* (etwa bei *CurrentUseValue*) dürfen existierende Werte verfeinert, nicht jedoch Werte auf der gleichen Hierarchiestufe ergänzt werden. In der obigen Liste für *currentUse* dürfen somit z.B. unter *agriculture* auf der zweiten Ebene (2.1 und 2.2) Werte ergänzt werden, nicht jedoch z.B. ein Wert mit Nummer 4.4.

Weiterhin sind die Anzahl der Wohneinheiten (*number OfDwellings*), die der Gebäudeeinheiten (*numberOfBuildingUnits*) und die der oberirdischen Geschosse repräsentiert. Eine Gebäudeeinheit ist ein Teil des Gebäudes, der über einen verschließbaren Zugang von Außen verfügt und funktional oder rechtlich eine Einheit bildet (vgl. Abschnitt 3.4). Der Datentyp *BuildingGeometry2D* wird im nächsten Abschnitt behandelt.

3.2 Das Core 2D-Profil

Das Core 2D-Profil ergibt sich aus dem Anwendungsschema *BuildingsBase* durch das Hinzufügen einer räumlichen Beschreibung zu den Klassen *Building* und *BuildingPart* (vgl. Abb. 2). Der Raumbezug ist durch eine Instanz der Klasse *BuildingGeometry2D* festgelegt, der von dem Attribut *geometry2D* referenziert wird. Dieses Attribut darf in *Building* und in *BuildingPart* mehrfach vorkommen (»*« als obere Grenze der Multiplizität), sodass eine räumliche Mehrfachrepräsentation desselben Realweltoobjekts möglich ist. Jede dieser Repräsentationen kann entweder 2D oder 2,5D sein; zunächst wird nur der 2D-Fall betrachtet. Die Geometrie des Objekts (Attribut *geometry*) ist im Standard ISO 19125 »Simple Features« in der Version 1.1 (ISO TC 211 2004) definiert. Es wird zwar die Klasse *GM_Object* als die allgemeinste Oberklasse für Geometrien genannt, diese wird jedoch durch den Constraint *geometryIsPointOrSurfaceOrMultiSurface* auf (Multi-)Polygone und Punkte eingeschränkt. Ein Gebäude kann also entweder als Punkt oder flächenhaft durch ein oder mehrere Polygone repräsentiert werden, wobei jedes Polygon Aussparungen haben kann, um etwa Atrium-Gebäude mit Innenhöfen zu modellieren. Die linienhaften Geometrien in der Begrenzung eines Polygons müssen gerade sein.

Eine zweidimensionale Geometrie stellt regelmäßig eine Abstraktion eines dreidimensionalen Gebäudes dar, die durch vertikale Projektion des Gebäudes auf eine horizontale Ebene entsteht. In vielen Fällen ist diese Projektion jedoch nicht eindeutig, etwa wenn sie im Dachbereich durch das Vorliegen von Dachüberständen

⁹ In einer solchen Struktur dienen die Begriffe auf höheren Ebenen nicht nur der Strukturierung der Werte, sondern können tatsächlich als Werte des Attributs auftreten. Der Begriff »Hierarchische Liste« ist widersprüchlich, da eine Liste per Definition linear ist und gerade keine hierarchische Struktur aufweist.

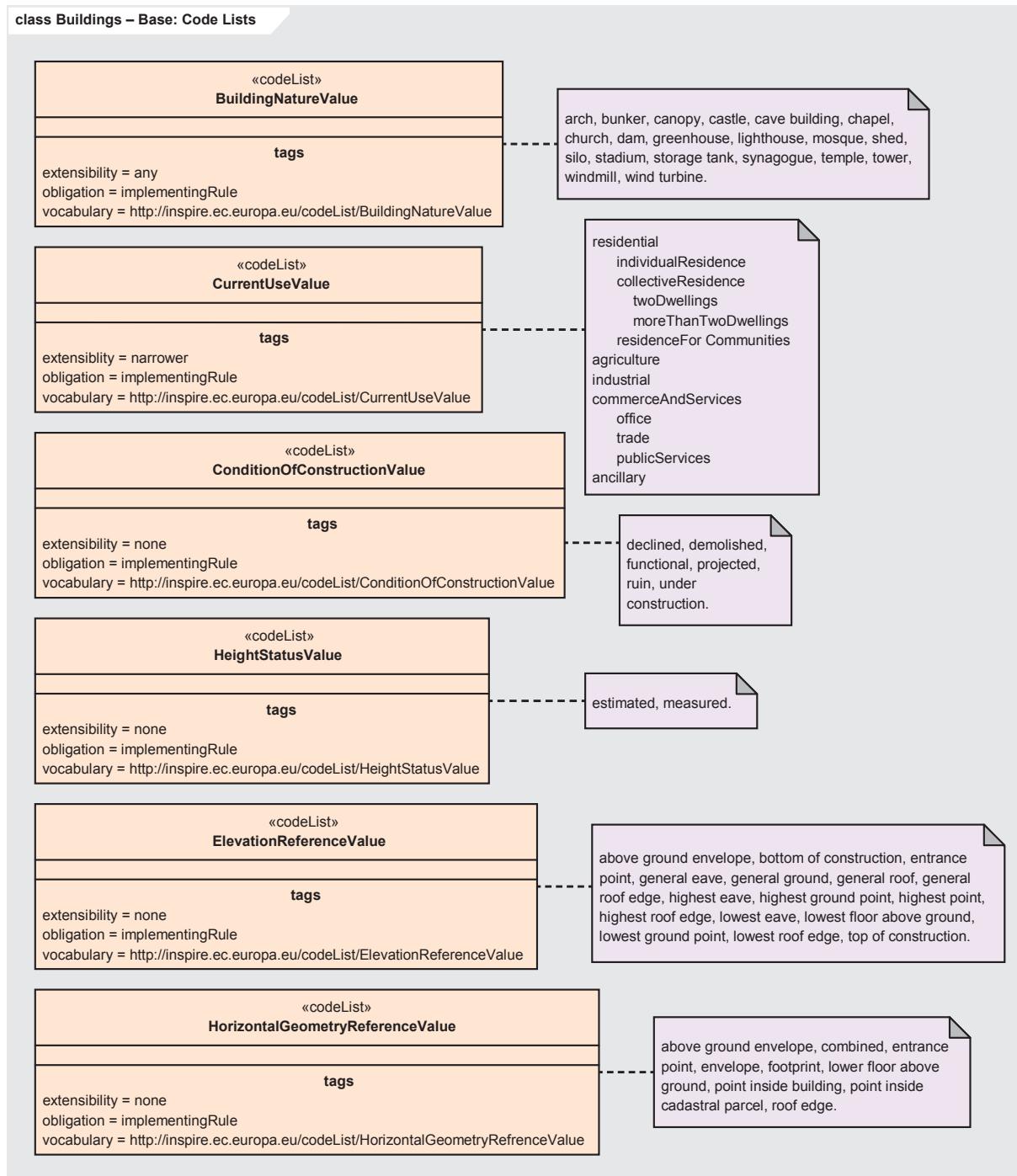


Abb. 5: UML-Diagramm der Codelisten des *BuildingsBase*-Anwendungsschemas. Die Werte der Codelisten sind in den Notizen (Rechteck mit Eselsohr) aufgelistet.

umfassender als am Boden ist oder wenn unterirdische Gebäudebestandteile signifikant über die oberirdischen hinausragen. Um die Aussagekraft und Interpretierbarkeit der abstrahierten 2D-Geometrie zu erhöhen, wird im INSPIRE-Gebäudemodell explizit das Höhenniveau repräsentiert, auf das sich die 2D-Geometrie bezieht. Die Werte des entsprechenden Datentyps *HorizontalGeometry Reference* sind »above ground envelope«, »combined«, »entrance point«, »envelope«, »footprint«, »lower floor above ground«, »point inside building«, »point inside cadastral parcel« und »roof edge«. Abb. 6 illustriert die wichtigsten dieser Werte anhand von Beispielen.

Das Attribut *referenceGeometry* gibt im Fall mehrfacher Geometrierepräsentationen an, welche die primäre für Darstellungen und zum Auffinden des Gebäudes ist. Der Wert darf nur für diese eine Repräsentation eines Gebäudes *wahr* sein (Constraint *referenceGeometry*). Als weiteres Metadatum wird die Genauigkeit der Lage (Attribut *horizontalGeometryEstimatedAccuracy*) angegeben.

Im Fall einer 2,5D-Geometrie ergeben gegenüber dem 2D-Fall folgende Erweiterungen: Eine 2,5D-Geometrie ist zunächst wie üblich dadurch definiert, dass jeder Längskoordinate x/y höchstens ein Höhenwert z zugeordnet ist. Dies schließt die explizite Modellierung von Wänden

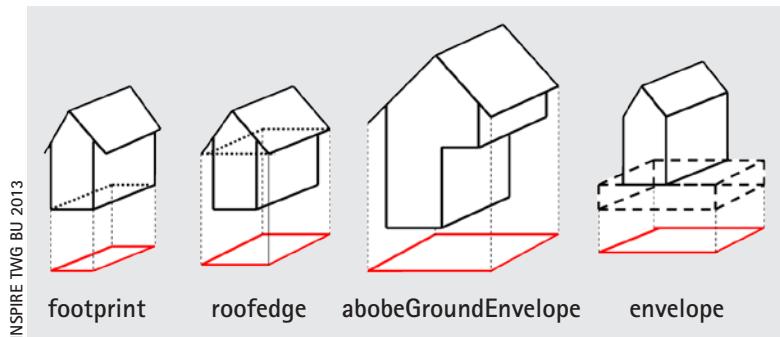


Abb. 6: Beispielhafte Darstellungen der Werte des Typs *HorizontalGeometryReferenceValue* zur Beschreibung des Höhenniveaus, auf das sich eine (2D oder 2,5D) Geometrie bezieht

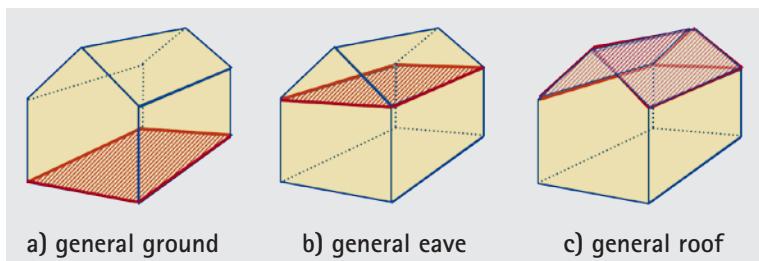


Abb. 7: Beispiele für 2,5D-Repräsentationen (schräffierte Polygone) eines Satteldachgebäudes und die entsprechenden *ElevationReferenceValues*

(senkrechte Fläche) und volumenhaften Dachüberständen aus; in beiden Fällen wären einer Lagekoordinate entweder unendlich viele z-Werte (Wand) oder zwei (volumhafter Überstand) zugeordnet. Beispiele für 2,5D-Repräsentationen sind in Abb. 7 gezeigt: In a) ist das Gebäude durch ein horizontales Polygon in Höhe der Grundfläche repräsentiert, in b) in Höhe der Traufe (Zusammenstoß Dach-Wand). Eine explizite Repräsentation beider Dachpolygone als Multi-Polygon (c) ist ebenfalls möglich.

Da der Standard ISO 19125 »Simple Features« in der Version 1.1 (ISO TC 211 2004) auf 2D eingeschränkt ist, wird für die 2,5D-Modellierung die allgemeinere OGC-Version des »Simple Features«-Standards, Version 1.2 (Herring 2006) verwendet. Bei der 2,5D-Repräsentation kann die Genauigkeit der Höhenangaben im Attribut *verticalGeometryEstimatedAccuracy* abgelegt werden.

3.3 Das Core 3D-Profil

Ein wesentliches Ergebnis der Analyse der Anwendungsfälle für Gebäude war, dass eine 2D- oder 2,5D-Repräsentation von Gebäuden in vielen relevanten Fällen nicht ausreicht. Folglich wurde ein normatives 3D-Profil des Gebäudemodells entwickelt (*Core 3D*), das das *Core 2D*-Profil um eine volumenhafte 3D-Geometrie ergänzt. Die Definition dieser Geometrie wurde dem Standard CityGML für 3D-Stadtmodelle entnommen: Gebäude und Gebäudeteile sind in den CityGML-Detailgraden LoD1 bis LoD4 repräsentiert. Die Modellierungsmöglichkeiten im LoD4, der die Repräsentation des Inneren von Gebäuden ermög-

licht, sind jedoch dadurch eingeschränkt, dass entsprechende semantische Objekte wie Räume im *Core 3D*-Profil fehlen. Da CityGML bereits Gegenstand zweier jüngerer Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift war (Löwner et al. 2012, Löwner et al. 2013), wird an dieser Stelle nicht näher auf CityGML eingegangen und stattdessen auf die Beschreibungen und Abbildungen in beiden Beiträgen verwiesen.

Das UML-Diagramm des *Core 3D*-Profils ist in Abb. 8 gezeigt. Es basiert ebenso wie *Core 2D* auf dem *BuildingsBase*-Anwendungsschema, folglich sind die Attribute von *Building* und *BuildingPart* ebenso wie die *parts*-Relation zwischen beiden identisch. Hinzu kommen in *Core 3D* jeweils die Repräsentationen für die einzelnen Detaillierungsgrade LoD1 bis LoD4, *geometry3DLoD1* bis *geometry3DLoD4* (vgl. Abb. 2 in Löwner et al. 2012). Die entsprechenden komplexen Datentypen *BuildingGeometry3DLoD*, *BuildingGeometry3DLoD1* und *BuildingGeometry3DLoD2* bieten für jeden LoD die Repräsentation der Gebäudeaußenhülle als Volumenkörper und als Multi-Surface-Geometrie, analog zu CityGML. Im Fall des Volumenkörpers wird dieser topologisch korrekt von Polygonen ohne Klaffungen, Überlappungen, Durchdringungen begrenzt; alle Polygone müssen zur Volumenbildung beitragen, vgl. Herring (2001) oder Gröger und Plümer (2011). Die Multi-Surface-Geometrie kann zur Modellierung von flächenhaften Dachüberständen verwendet werden, aber auch für topologisch nicht notwendigerweise korrekte Dachaußenhüllen. Hinzu kommen für jeden LoD die Geländeschnittlinie (*terrainIntersection*, Liniengeometrie der Berührung der Gebäudeaußenhülle mit dem Gelände, vgl. CityGML) sowie die Lage- und die Höhengenauigkeit. Das Attribut *verticalGeometryReference3DBottom* gibt an, auf welches Niveau sich die Unterkante des Gebäudes bezieht. Hierzu werden wiederum die Werte des Typs *ElevationReferenceValue* (vgl. Abb. 4) verwendet.

In den stärker generalisierten Detailgraden LoD1 und LoD2 kommen weitere Metadaten hinzu (vgl. die Typen *BuildingGeometry3DLoD1* und *BuildingGeometry3DLoD2*). In der prismatischen Blockdarstellung des LoD1 mit vertikalen Wänden und horizontalen »Dächern« wird die Höhenreferenz der oberen Blockbegrenzung durch Werte des Typs *ElevationReferenceValue* im Attribut *verticalGeometryReference3DTop* angegeben – ergänzend zu den Werten für die untere Begrenzung. Im LoD2 ist dies nicht erforderlich, da die tatsächliche Dachform (wenn auch in leicht generalisierter Form) geometrisch repräsentiert ist. Da in den LoD1 und LoD2 die Wände abstrahiert repräsentiert sind, ist die horizontale Referenz dieser Repräsentation explizit im Attribut *horizontalGeometryReference* des Typs *HorizontalGeometryReference* abgelegt. Dieser Typ wird bereits in der 2D-Darstellung

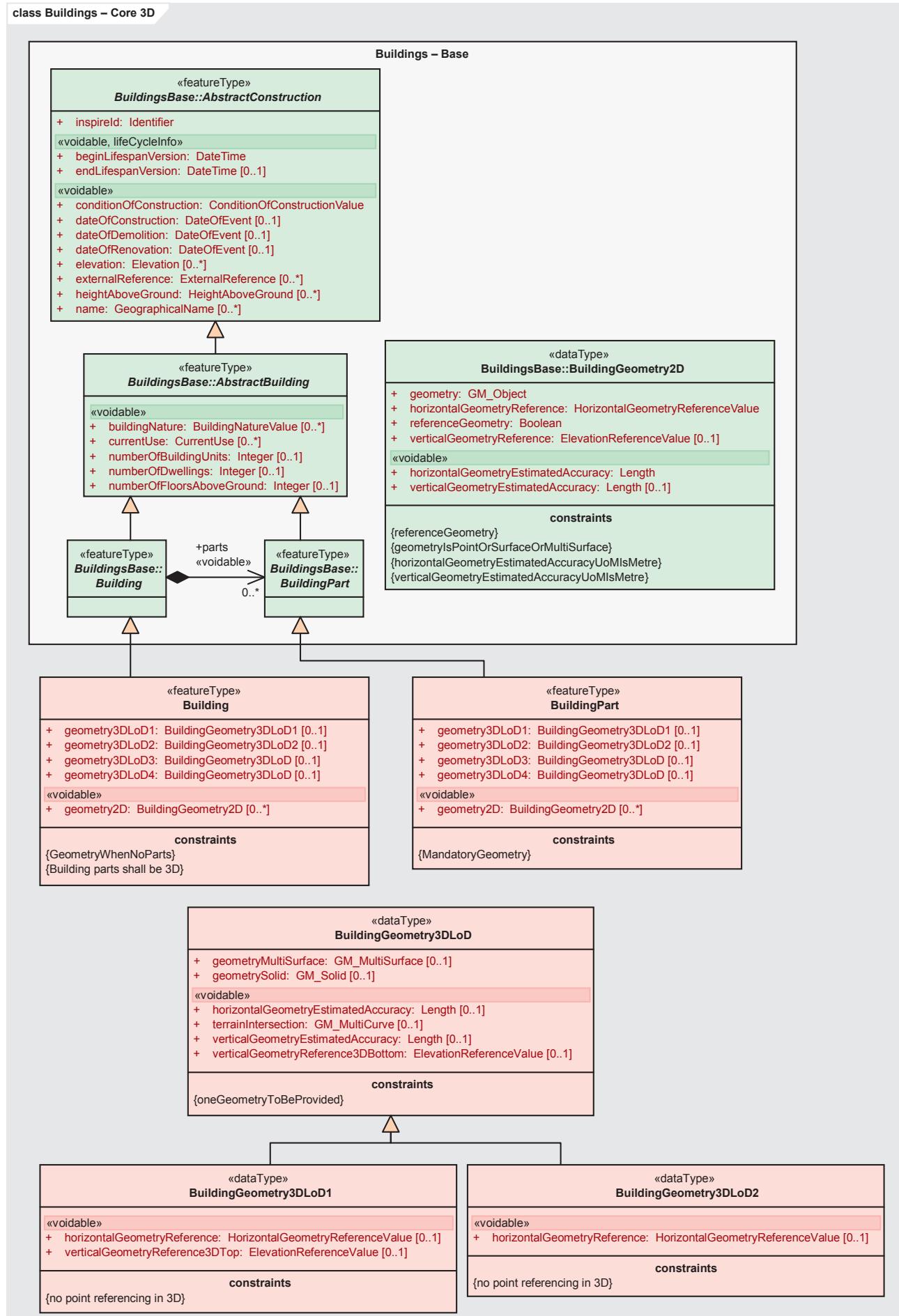


Abb. 8. UML-Diagramm des Core 3D-Profil Anwendungsschemas. Das *BuildingsBase*-Anwendungsschema (hellgrün, vgl. auch Abb. 2) wird durch das Schema *Buildings3D* (rosa) erweitert.

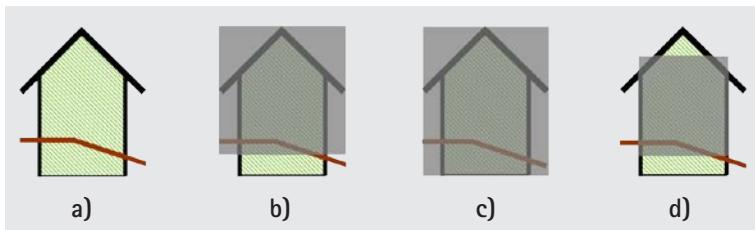


Abb. 9: Erhöhung der Aussagekraft einer Klötzen-Repräsentation (LoD1, grau) eines Satteldachhauses (grün schraffiert) durch Angabe der unteren, oberen und horizontalen Referenz; das Geländeprofil ist in braun angedeutet (a). b) obere: *topOfConstruction*, untere: *lowestGroundPoint*, horizontale: *roofEdge*. c) obere: *topOfConstruction*, untere: *bottomOfConstruction*, horizontale: *roofEdge*. d) obere: *generalRoof*, untere: *lowestGroundPoint*, horizontale: *footprint*.

verwendet (vgl. Abb. 6). Für den LoD1 sind in Abb. 9 beispielhaft einige Kombinationen der unteren, oberen und horizontalen Referenz zur Erhöhung der Ausdrucksstärke dieses LoD gezeigt.

Die 2D-Geometrie des *Core 2D* ist auch im *Core 3D* enthalten (Attribut *geometry2D*), sodass eine gemischte 2D-/3D-Repräsentation möglich ist. In CityGML wird für die 2D-/2,5D-Repräsentation der LoD0 verwendet. Dieser fehlt im INSPIRE-Gebäudemodell, da er bereits durch das *Core 2D*-Profil abgedeckt ist. Anzumerken ist, dass die 2,5D-Repräsentation des *Core 2D* mächtiger als die LoD0-Repräsentation von CityGML ist, da letztere nur horizontale Polygone mit 3D-Koordinaten umfasst (vgl. Abb. 7 a oder b), *Core 2D* dagegen beliebige nicht-vertikale Polygone (z.B. die Dachflächen in Abb. 7 c).

3.4 Die erweiterten Profile

Die beiden erweiterten Profile *Extended 2D* und *Extended 3D* sind für Anwendungen geeignet, die einen reicheren Vorrat an Attributen oder dreidimensional modellierten Geoobjekten wie Bauwerke, Wände, Dachflächen und Installationen benötigen. Beide Profile sind nicht in den Durchführungsbestimmungen enthalten und somit optional.

Das Profil *Extended 2D* erweitert *Core 2D* um *Building Units*, das sind meist rechtlich definierte Einheiten eines *Building* oder *BuildingPart* und um *OtherConstructions* zur Repräsentation von Bauwerken, die keine Gebäude sind, wie etwa freistehende Antennen und Freileitungsmasten. *Buildings* und *BuildingParts* werden durch weitere Attribute angereichert, die Informationen zur Topografie (z.B. die unterirdische Höhe, Anzahl der unterirdischen Stockwerke, Beschreibung der Stockwerke, Dachform), zu Materialien der Fassade, des Dachs und der Gebäudestruktur sowie energiebezogene Attribute wie die Anbindung an Ver- und Entsorgungsnetze (Gas, Frischwasser, Abwasser und Elektrizität), Angaben zur Energieperformance, zur Heizung und zum Heizmaterial bereitstellen. Weiterhin werden amtliche bzw. Katasterinformationen wie die amtliche Grundfläche, amtlich festgestellte Im-

mobilienwerte sowie der Bezug zum Flurstück repräsentiert.

Das *Extended 3D*-Profil erweitert sowohl das *Extended 2D* als auch das *Core 3D*-Profil. Es weist große Ähnlichkeiten zum Gebäudemodell von CityGML auf (mit Ausnahme der Semantik des *Extended 2D*-Profils): Sowohl dreidimensional geometrisch als auch semantisch modellierte äußere Begrenzungsflächen wie Dach-, Wand- und Bodenflächen sind enthalten, ebenso wie Türen, Fenster, Installationen und Räume mit entsprechenden inneren Begrenzungsflächen wie Dach-, Wand und Deckenflächen. Eine vereinfachte Version des Texturmodells von CityGML ist ebenfalls Teil des *Extended 3D*-Profils. Für weitere Details zu den beiden erweiterten Profilen wird auf INSPIRE TWG BU (2013) verwiesen.

4 Bezüge zu nationalen Standards in Deutschland

Bei der Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie in den Mitgliedsstaaten stehen die Relation zu den nationalen Standards für Gebäude und die Frage der Konvertierbarkeit von diesen Standards zum INSPIRE-Gebäudemodell im Vordergrund. In Deutschland ist hierfür das AAA®-Modell (AFIS® – ALKIS® – ATKIS®) in der Version 6.0 (AdV 2008) und der bislang unveröffentlichten Version 7.0 relevant. Im Folgenden werden die Bezüge zwischen dem AAA®-Gebäudemodell in der Version 7.0 der GeoInfoDoc und dem INSPIRE-Gebäudemodell skizziert.

Im Bereich des *Core 2D*-Profils entspricht die Klasse *AX_Gebaeude* dem *Building*. Viele Attribute beider Klassen sind vergleichbar, wenn sie sich auch im Detail unterscheiden (z.B. hinsichtlich verschiedener Werte bei Aufzählungen/Codelisten oder anderer Datentypen wie einer Jahreszahl gegenüber einem Datum): die *inspireId* entspricht der *UUID* des *identifikators*, die *gebaeudefunktion* der *buildingNature*, die *nutzung* der *currentUse* (beide Attribute können mehrfach mit Angabe des prozentualen Anteils an der Gesamtnutzung vorkommen), die *heightAboveGround* der *objekthoehe*, das *baujahr* dem *dateOfConstruction* und die *numberQfFloorsAboveGround* der *AnzahlDerOberirdischenGeschosse*. Der *name* in ALKIS® hat sein Gegenstück im wesentlich komplexeren *name* der INSPIRE-Themas *Geographical Names*. Die Lebenszeitintervalle im ALKIS® entsprechen den *beginLifespanVersion* und *endLifespanVersion*-Attributten. Für *numberQfBuildingUnits* und *numberQfDwellings* gibt es in ALKIS® keine Entsprechung. Die Repräsentation der Geometrie ist in beiden Modellen identisch.

Für den *BuildingPart* gibt es zwar in ALKIS® die Klasse *AX_Bauteil*, der aber im Fall zweidimensionaler Repräsentationen ein anderes Verständnis der Modellierung von

Gebäuden und dessen Teilen zugrunde liegt. In INSPIRE füllen die *BuildingParts* das *Building* geometrisch vollständig aus, sodass die Geometrie nur für die *Parts* repräsentiert wird, falls diese vorhanden sind. Das *Building* dient als strukturelle Klammer der *Parts* mit gemeinsamen Attributwerten. In ALKIS® hat das *AX_Gebaeude* immer eine eigene Geometrie, die in der Regel nicht vollständig von den Geometrien der *AX_Bauteile* ausgefüllt wird. Die Geometrie der (oberirdischen) *AX_Bauteile* liegt immer innerhalb der Geometrien des übergeordneten *AX_Gebaeude* (das über geometrische Operationen ermittelt werden muss, da es keine Relation zwischen *AX_Gebaeude* und *AX_Bauteil* gibt). Die Überführung eines *AX_Gebaeude* mit *AX_Bauteilen* in *Buildings* mit *BuildingParts* ist folglich eindeutig möglich, erfordert jedoch geometrische Operationen zur Erzeugung der Geometrien der *BuildingParts*.

Für die INSPIRE 3D-Profile sind sowohl die AdV-Profilen LoD1 und LoD2 von CityGML (Gerschwitz et al. 2011) als auch die Modellierung von 3D-Informationen im AAA®-Modell (Gruber 2012) relevant. Derzeit wird im Auftrag der AdV eine Tabelle zur Abbildung der entsprechenden Geoobjekttypen, Attribute und Relationen (»Mapping-Tabelle«) ausgehend von den AdV-Profilen für CityGML erstellt. Auch hier lassen sich Entsprechungen finden, die bis auf Unterschiede im Detail übereinstimmen. Dem *Building* entspricht die Klasse *AX_Bauteil3D*, bei dem der Wert des Attributs *hauptBauteil wahr* ist, während bei *BuildingParts* der Wert des Attributs *falsch* ist. Die Geometrie der Klasse *AX_Bauteil3D* (und das Verständnis der Modellierung von Gebäuden und dessen Teilen) entsprechen der INSPIRE-Sichtweise, sodass die Transformation ohne Anwendung geometrischer Operationen möglich ist.

5 Schlussbemerkungen und Ausblick

Das INSPIRE-Gebäudemodell stellt durch seine modulare Profilstruktur ein flexibles, an heterogene Datenverfügbarkeiten und heterogene Anforderungen von Anwendungen anpassbares Modell dar. Es bietet zwei normative Profile, die in den rechtlich verbindlichen Durchführungsbestimmungen enthalten sein werden, eines für 2D-/2,5D-Daten und eines für 3D-Daten. Die Anreicherung um Metadaten wie die Höhenniveaus bei der Festlegung der relativen Höhe im 2D und der Klötzenhöhe im 3D oder die explizite Angabe der Bezugshöhe für die Umringsdefinition eines Gebäudes erleichtert die Interpretierbarkeit der Modelle wesentlich. Der Definitionsbereich des Themas wurde auf sonstige Bauwerke ausgedehnt, um weitere relevante Anwendungen zu ermöglichen oder besser zu unterstützen.

Das INSPIRE-Gebäudemodell wurde wesentlich vom CityGML-Gebäudemodell geprägt, sowohl hinsichtlich der 2D- als auch der 3D-Profile. Dies erleichtert insbesondere die Transformation der in den Bundesländern

vorhandenen 3D-Gebäudedatenbestände in den Detailgraden LoD1 und LoD2, die derzeit in den entsprechenden AdV-Profilen von CityGML vorliegen (Gerschwitz et al. 2011). Das INSPIRE-Gebäudemodell geht im 3D-Bereich jedoch an einigen Stellen über CityGML hinaus, etwa bei der Ergänzung von Metadaten für gröbere 3D-Geometrien. In den für die Entwicklung von CityGML verantwortlichen Gruppen, der *Special Interest Group (SIG) 3D* der Initiative GDI-DE und der *OGC City GML Standards Working Group*, wird daher ein Rückfluss von Konzepten wie Metadaten zur Version 3.0 von CityGML derzeit intensiv diskutiert.

In dem nun folgenden Maintenance-Prozess ist zu erwarten, dass spezifische Aspekte des Gebäudemodells insbesondere von den in Deutschland von INSPIRE betroffenen Stellen und den Fachnetzwerken weiter diskutiert werden. Diskussionspunkte könnten die Codeliste für das Attribut »Gebäudenutzung« (*currentUse*) sein, die sehr wenig detailliert ist und nur unter Rückgriff auf die in anderen INSPIRE-Themen definierten Nutzungsarten verfeinert werden kann, sowie die Frage, ob die sonstigen Bauwerke in das *Core*-Profil aufgenommen werden sollen und somit einen normativen Charakter erhielten und von den Mitgliedsstaaten bereitgestellt werden müssten. Auch die Tatsache, dass für viele Anwendungen wichtige Attribute wie die Dachform oder die Adresse eines Gebäudes nicht in den *Core*-, sondern nur in den *Extended*-Profilen definiert sind, bietet Ansatzpunkte für Kritik, da Anwendungen sich derzeit nicht auf die Existenz dieser Angaben verlassen können. Schließlich ist die Definition eines Gebäudeteils, die der von CityGML und von ALKIS® (3D) entspricht, jedoch von der in ALKIS® (2D) abweicht, ein Aspekt des Gebäudemodells, der voraussichtlich vor allem in Deutschland diskutiert werden wird.

Die Arbeit an den Datenspezifikationen der Anhänge II und III soll bis Anfang 2014 abgeschlossen sein. Für die Umsetzung in den Mitgliedsstaaten sind neben den Spezifikationen die Durchführungsbestimmungen relevant, die derzeit erstellt werden. Die Bereitstellung derzeit vorhandener Geodaten der Themen der Anhänge II und III, also auch der Daten des Gebäudemodells, über Web Feature Services (die im INSPIRE-Kontext als Download-Services bezeichnet werden) soll bis zum Oktober 2020 erfolgen.

Aus Sicht der Nutzer ist durch die Umsetzung des INSPIRE-Gebäudemodells ein signifikanter Anstieg der Anzahl der über Geo-Web-Services verfügbaren Geo-Objekte zu erwarten. Während derzeit über *Web Map Services* (La Beaujardiere 2006) angebotene Kartenebenen in großer Zahl existieren, sind funktionsfähige Web Feature Services nur äußerst selten zu finden. Für die Nutzer, die mit CityGML-Daten arbeiten, werden die 3D-Profile des INSPIRE-Gebäudemodells auch als CityGML-Erweiterung (präziser als *Application Domain Extension*, ADE) angeboten, sodass die Vielzahl der CityGML-Werkzeuge auch für INSPIRE genutzt werden kann. Die Kodierung als CityGML ADE ist eine Alternative zu der Standard-Kodierung in der Sprache GML (Portele 2007).

Dank

Die Autoren danken den Mitgliedern der *INSPIRE Thematic Working Group on Buildings*: Dominique Laurent (Moderatorin), Karl-Gustav Johansson (Editor), Simon Barlow, Eddie Bergström, Zsuzsanna Ferencz, Gerhard Gröger, Frank Kooij, Frédéric Mortier, Karen Skjelbo, Fabio Taucer, Amalia Velasco, Ewa Wysocka, Julien Gaffuri (Kontaktperson der Europäischen Kommission) und Michael Lutz (JRC). Ulrich Gruber vom Kreis Recklinghausen danken wir für die Bereitstellung der Mapping-Tabelle vom (3D) AAA®-Model zum INSPIRE Gebäudemodell.

Literatur

- AdV (2004): ATKIS-Objektartenkatalog für das Digitale Landschaftsmodell Basis (ATKIS Basis-OK), Version 3.0, Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).
- AdV (2008): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), Hauptdokument, Version 6.0, Stand: 11.04.2008, Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).
- BauO NRW (2000): Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen – Landesbauordnung i. d. F. der Bek. v. 1. März 2000 (GV NRW S. 256). Letzte Änderung vom 17. Dezember 2009 (GV. NRW. S. 863).
- buildingSMART (2007): Industry Foundation Classes IFC2x3 TC1 Release. <http://buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc2x3-tc1-release/summary>.
- Czerwinski, A., Gröger, G., Reichert, S., Plümer, L. (2013): Qualitäts sicherung einer 3D-GDI – EU-Umgebungslärmkartierung Stufe 2 in NRW. zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 138(3), S. 175–183.
- DGIWG (2010): DGIWG – 500 Implementation Guide to the DGIWG Feature Data Dictionary (DFDD). https://portal.dgiwg.org/files/?artifact_id=7148&format=pdf.
- EU (2007): Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europ. Gemeinschaft (INSPIRE). Amtsblatt der EU, L 108.
- Gerschwitz, A., Gruber, U., Schlüter, S. (2011, Kap. 12): Die dritte Dimension im ALKIS®. In: K. Kummer, J. Frankenberger (Hrsg.), Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen 2012, S. 279–310: Wichmann.
- Gröger, G., Kolbe, T.H., Nagel, C., Häfele, K.-H. (2012): OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Version 2.0.0. Open Geospatial Consortium, OGC Doc. No. 12-019. Zugriff am 20. August 2013. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47842.
- Gröger, G., Plümer, L. (2011): How to achieve consistency for 3D city models. Geoinformatika, 15(1), S. 137–165.
- Gröger, G., Plümer, L. (2012): CityGML – Interoperable semantic 3D City Models. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing(71), S. 12–33.
- Gruber, U. (2012): Die dritte Dimension im amtlichen Vermessungswesen Deutschlands. In: M. O. Löwner, F. Hillen, R. Wohlfahrt (Hrsg.): Mobilität und Umwelt. Konferenzband zur Tagung Geoinformatik 2012 vom 28.–30.03.2012, Braunschweig (S. 303–309).
- Herring, J.R. (2001): The OpenGIS Abstract Specification, Topic 1: Feature Geometry (ISO 19107 Spatial Schema). Open Geospatial Consortium, OGC Doc. No. 01-101.
- Herring, J.R. (2006): OpenGIS® Implementation Specification for Geographic information – Simple feature access – Part 1: Common architecture. Open Geospatial Consortium, Version: 1.2.0, OGC Doc. No. 06-103r3.
- INSPIRE Drafting Team Data Specifications (2010): Generic Conceptual Model, Version 3.3, Identifier D2.5_v3.3. Zugriff am 30. Juni 2013. http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3_3.pdf.
- INSPIRE TWG BU (2013): INSPIRE Data Specification on Buildings Version 3, Release Candidate 3 – Draft Technical Guidelines, Identifier D2.8.III.2_v3.0rc3, INSPIRE Thematic Working Group Buildings. Zugriff am 30. Juni 2013. http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_BU_v3.0rc3.pdf.
- INSPIRE TWG GN (2010): INSPIRE Data Specification on Geographical Names – Guidelines v 3.0.1. INSPIRE Thematic Working Group Geographical Names. Zugriff am 10. August 2013. http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_GN_v3.0.1.pdf.
- INSPIRE TWG HY (2010): Data Specification on Data Specification on Hydrography – Guidelines. Version 3.0.1. Identifier D2.8.I.8. Zugriff am 18. November 2013. http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_HY_v3.0.1.pdf.
- INSPIRE TWG PF (2013): Data Specification on Production and Industrial Facilities – Draft Guidelines, version 3 release candidate 3, Identifier: D2.8.III.8_v3.0rc3, INSPIRE Thematic Working Group Production and Industrial Facilities. Zugriff am 30. Juni 2013. http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_PF_v3.0rc3.pdf.
- INSPIRE TWG US (2013): Data Specification on Utility and governmental services – Draft Technical Guidelines, version 3 release candidate 3, Identifier: D2.8.II.6_v3.0rc3, INSPIRE Thematic Working Group Utility and governmental services. Zugriff am 30. Juni 2013. http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_US_v3.0rc3.pdf.
- ISO TC 211 (2004): 19125-1 Geographic information – Simple feature access – Part 1: Common architecture. Version 1.1.
- ISO TC 211 (2012): ISO 19152:2012 Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM).
- ISO/TC 59/SC 2 (2004): ISO 6707-1:2004 Building and civil engineering – Vocabulary – Part 1: General terms.
- La Beaujardiere, J. d. (2006): OpenGIS Web Map Server Implementation Specification, Version 1.3.0. Open Geospatial Consortium, Doc. No. 06-042. Zugriff am 10. Februar 2008. www.opengeospatial.org/standards/wms.
- Löwner, M.-O., Benner, J., Gröger, G., Gruber, U., Häfele, K.-H., Schlüter, S. (2012): CityGML 2.0 – Ein internationaler Standard für 3D-Stadtmodelle. Teil 1: Datenmodell. zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 137(6), S. 340–349.
- Löwner, M.-O., Casper, E., Becker, T., Benner, J., Gröger, G., Gruber, U., Hefele, K.-H., Kaden, R., Schlüter, S. (2013): CityGML 2.0 – Ein internationaler Standard für 3D-Stadtmodelle. Teil 2: CityGML in der Praxis. zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 138(2), S. 131–143.
- Portele, C. (2007): OpenGIS Geography Markup Language (GML) encoding standard, version 3.2.1. Open Geospatial Consortium, OGC Doc. No. 07-036. Zugriff am 20. August 2013. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20509.
- Stadler, A., Kolbe, T.H. (2007): Spatio-semantic coherence in the integration of 3d city models. In: 5th Int. ISPRS Symp. on Spatial Data Quality. 13–15 June 2007, ITC, Enschede.
- Vretanos, P.A. (2010): OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard (ISO/DIS 942). OpenGIS® Implementation Standard. OGC 09-025r1. Zugriff am 20. August 2013. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39967.

Anschrift der Autoren

Priv.-Doz. Dr. Gerhard Gröger | Prof. Dr. Lutz Plümer
Institut für Geodäsie und Geoinformation, Universität Bonn
Meckenheimer Allee 172, 53115 Bonn
groeger@igg.uni-bonn.de | plumer@igg.uni-bonn.de

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