



Technische
Universität
Braunschweig

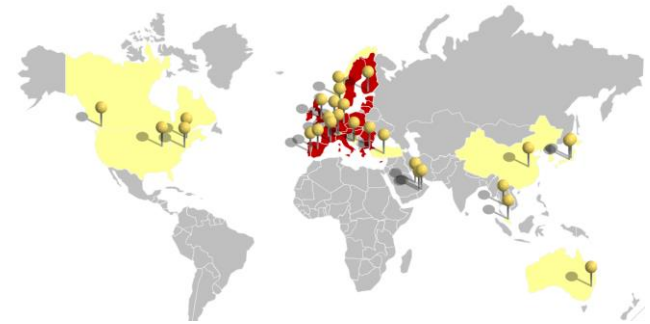


Das neue LoD Konzept für CityGML 3.0

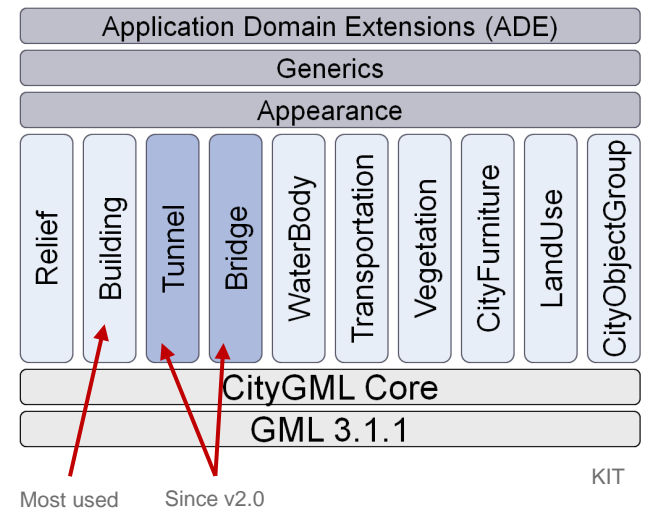
Marc-O. Löwner & Gerhard Gröger
Technische Universität Braunschweig CPA Software GmbH

Die City Geography Markup Language

- **Open Geospatial Consortium** (OGC) Standard
- Interoperables Datenmodell für die Repräsentation und den Austausch von semantisch attribuierten, virtuellen 3D-Stadtmodellen
- Wird in 28 Ländern für verschiedene Zwecke angewendet (nach heutigem Stand)
- Ermöglicht die effiziente Anwendung für verschiedene Einsatzbereiche durch
 - seine Modularisierung und sein
 - **Level of Detail Konzept**



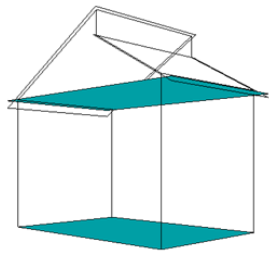
C. Nagel, 2010



Das Level of Detail Concept (LoD)

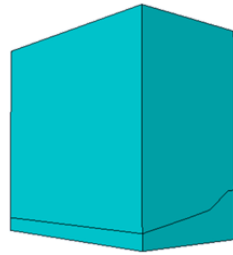


KIT



CityGML LoD0

Standard map applications

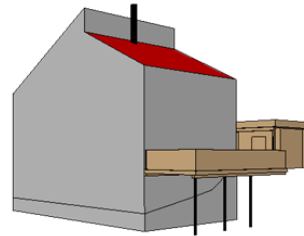


CityGML LoD1

Noise propagation

Visibility analysis

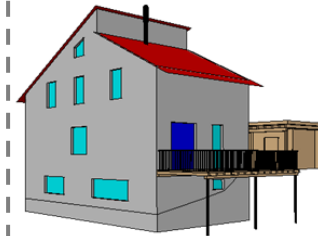
Pollutant distribution modelling



CityGML LoD2

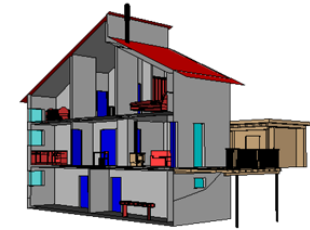
Energy estimations

Advanced wind field simulation



CityGML LoD3

Emergency applications

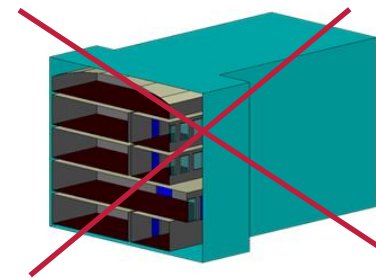
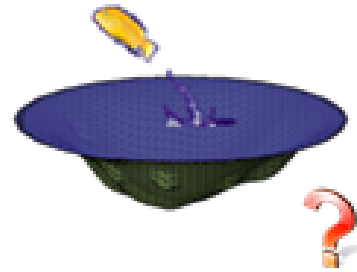


CityGML LoD4

Indoor navigation application

Level of Detail - Kritikpunkte

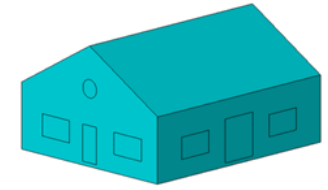
- Eingeführt **CityGML Version 0.3** (ohne Evaluation in der Praxis)
- Hauptsächlich für das *Building Modul* entwickelt
 - **Übertragbarkeit** für gewisse Module schwierig
 - *Waterbody* und *CityFurniture*
 - **Verknüpfung** der Modellierung von Innenräumen mit dem höchsten LoD für die äußere Hülle (LoD4)
 - Nur eine Detaillierungsgrad für Innenräume
 - LoD3 muss für Innenraummodellierung vorliegen
 - **Verknüpfung** von Semantik und Geometrie



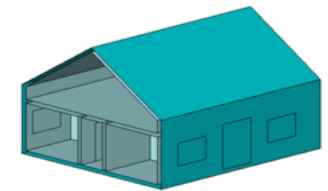
WindowArea ?

Level of Detail – Neue Vorschläge

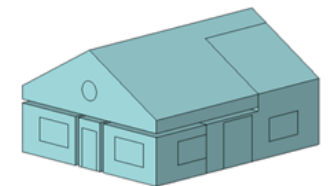
- Der *Benner Ansatz* (Benner et al. 2013, Löwner et al. 2013)
 - Explizite Trennung zwischen geometrischen und semantischen LoD
 - Explizite Trennung von Innen und Außen
- Der *Biljecki Ansatz* (Biljecki et al. 2013, Biljecki et al. 2014)
 - Qualitätsmerkmal in Abhängigkeit der jeweiligen Anwendung
 - Trennung zwischen Innen und Außen
 - Betrachtet mehrere Aspekte: Reichhaltigkeit an feature types, Reichhaltigkeit an Attributen, Komplexität der geometrischen Details, ...



LoD2



LoD2.2



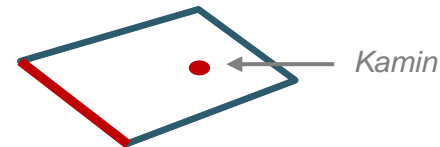
LoD.2

Level of Detail – Neue Vorschläge

- Der *Nagel Ansatz* (Claus Nagel 2014, Löwner et al. 2015)
- Braucht nur zwei Definitionen
 1. Jedes Stadtobjekt kann eine räumliche Repräsentation in jedem LoD haben
 2. Unbegrenzte Verwendungsmöglichkeit aller feature types in jedem LoD
- Die daraus entstehende Komplexität kann durch die Formulierung von Profilen reduziert werden

Level of Detail – Der Ansatz der AG Modellierung

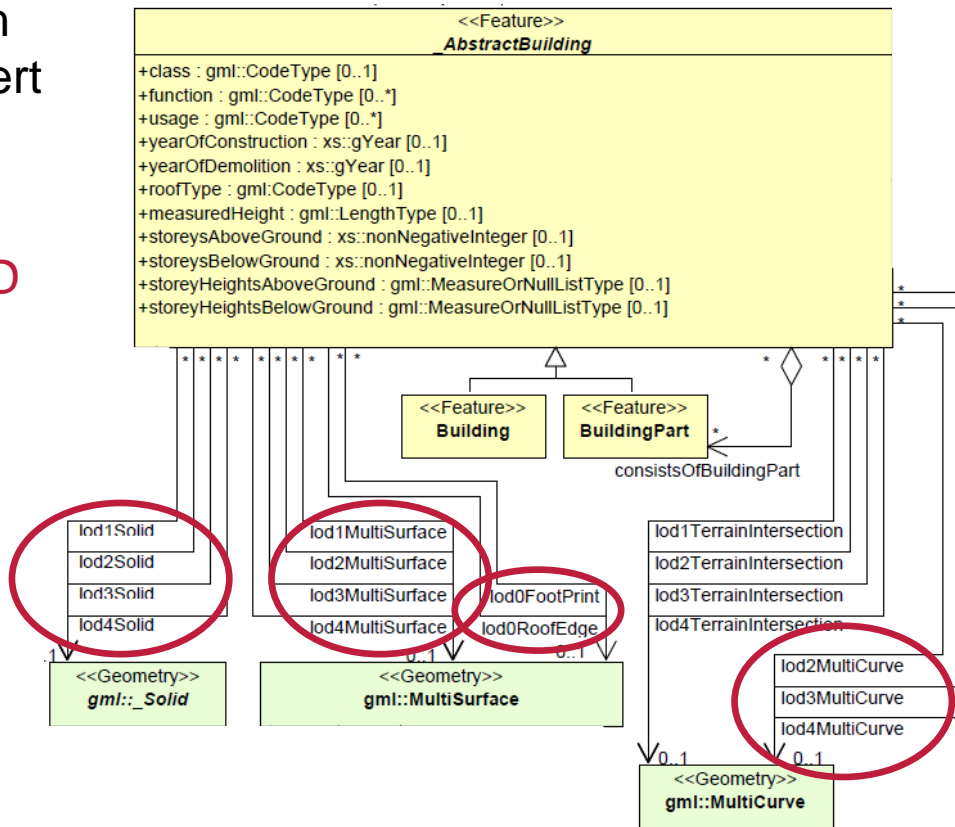
- Repräsentationsmodell das geometrische Repräsentation aller CityGML Objekte mehrfach zulässt
- Umfasst alle schon in CityGML 2.0 zulässigen Repräsentationen
- Ermöglicht aber auch die Definition neuer Repräsentationen (z.B. Repräsentation einer Wand als Linie in einem Bauplan)



- Stellt eine *Multirepresentationskonzept (MRK)* dar - LoD ist dabei nur ein Aspekt unter vielen
- *Beruft sich auf Ideen der Industry Foundation Classes (IFC) (Liebig, 2007) und auf Biljecki et al., 2013; Biljecki et al., 2014; Biljecki et al., 2016; Benner et al., 2013; Nagel, 2014; Löwner et al. 2013; Löwner et al., 2015; Löwner and Gröger, 2016.*

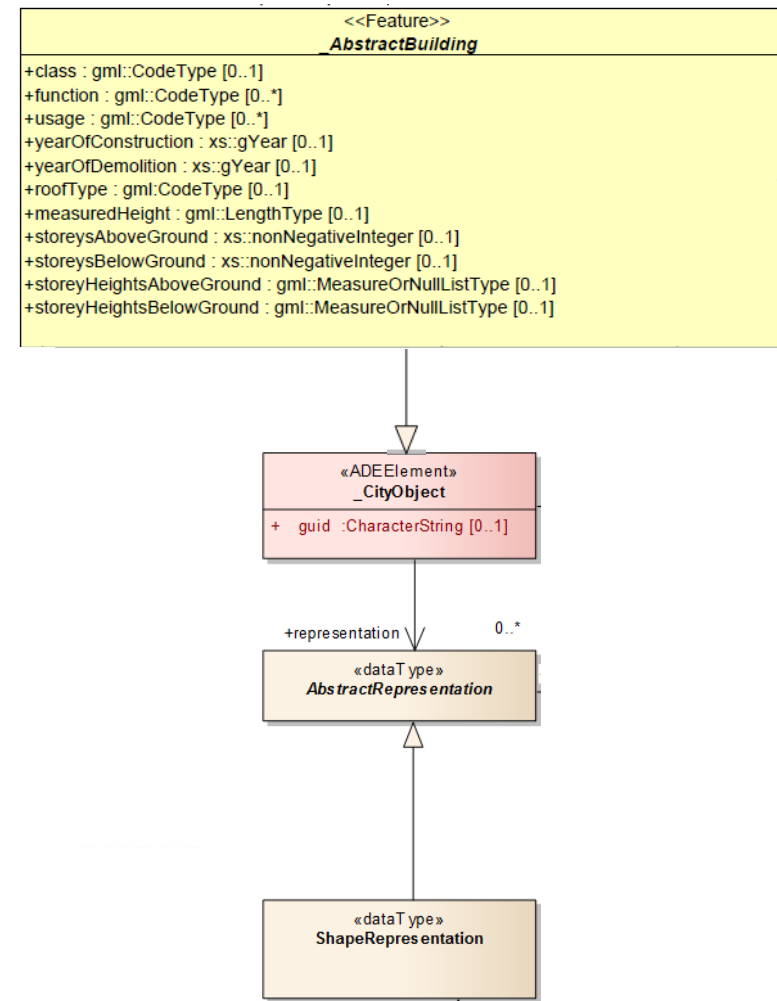
Level of Detail – Our new Approach

- Derzeit: Jeder feature type geometrisch durch spezifische Eigenschaften definiert
- *_AbstractBuilding: 13*
Geometrieigenschaften, um Außenhülle in fünf verschiedenen LoD zu repräsentieren

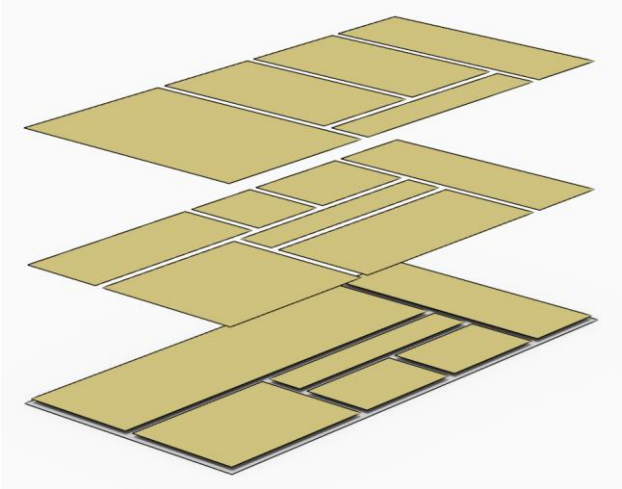


Level of Detail – Our new Approach

- Derzeit: Jeder feature type geometrisch durch spezifische Eigenschaften definiert
 - *_AbstractBuilding*: 13 Geometrieeigenschaften, um Außenhülle in fünf verschiedenen LoD zu repräsentieren
- Ersetzen aller Geometrieeigenschaften der entsprechenden Features durch eine Geometrieeigenschaft an der Basisklasse *_CityObject*.
- Wird an alle CityGML feature types vererbt
- Beinhaltet alle Geometrietypen von CityGML 2.0



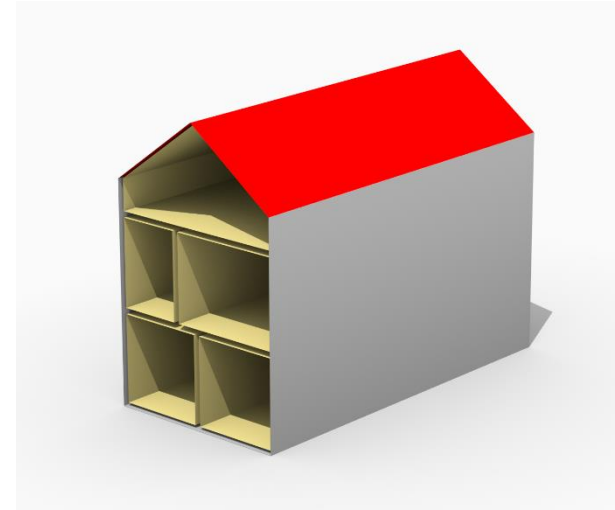
Potential des neuen Konzepts



LoD0:
Repräsentation des
Äußeren und des
Inneren (Räume) von
Gebäuden



N.N.:
Eine grobe
Repräsentation der
äußeren Hülle mit
Öffnungen

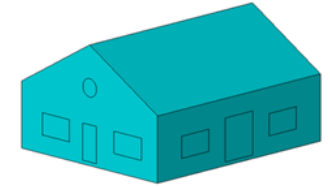


LoD2 Repräsentation
eines Gebäudes mit
Innenräumen

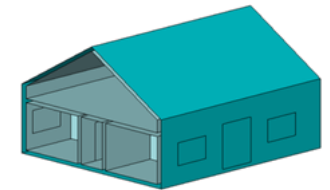
Neue Anwendungen möglich, die über das bisherige Potenzial von CityGML hinausgehen

Aber Achtung...

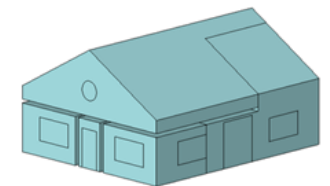
- CityGML ist ein **Standard** für den Austausch von semantisch angereicherten, virtuellen 3D-Stadtmodellen
- Vorgeschlagenes Multirepräsentationsmodell **ist sehr flexibel** und generisch
 - Jeder feature type kann **mehrfach** mit jedweder Geometrie repräsentiert werden
 - Es gibt **keine standardisierten Namen** für diese Repräsentationen durch die *contextIdentifiers*
- Zum Zwecke der Interoperabilität müssen **Profile** definiert werden, die die **Variabilität** der geometrischen Repräsentationen wieder **einschränken**



meinLoD



DeinLoD






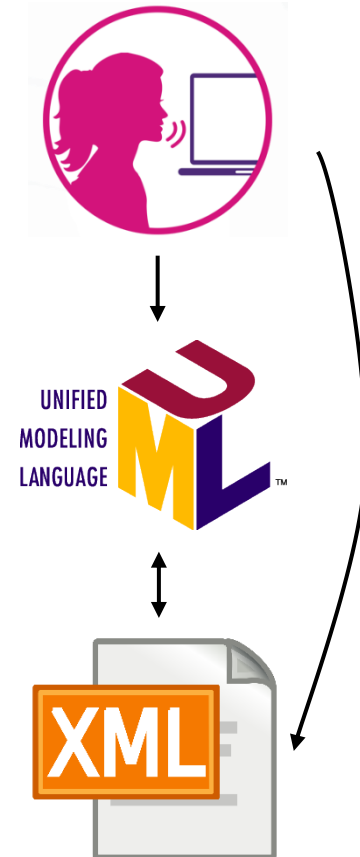
NocheinLoD

Profile zur Erhaltung der Rückwärtskompatibilität

	CityGML/2.0/ LoD0	CityGML/2.0/ LoD1	CityGML/2.0/ LoD2	CityGML/2.0/ LoD3	CityGML/2.0/ LoD4
Building/ Building	Multi Surface Repr. horizontal surfaces, footprint/roof edge	<i>Multi Surface Repr.</i> <i>Solid Repr.</i> prismatic blocks model with vertical or horizontal boundary,		Multi Curve Repr. Multi Surface Repr. Solid Repr.	
Building/ WallSurface	/	/		Multi Surface Repr.	
Building/ CeilingSurface	/	/	/	/	Multi Surface Repr.
Building/Room	/	/	/	/	<i>Multi Surface Repr.</i> <i>Solid Repr.</i>
Building/Building Installation	/	/		<i>Geometry Repr.</i> <i>Implicit Geometry Repr.</i>	
Building/Opening	/	/	/		<i>Multi Surface Repr.</i> <i>Implicit Geometry Repr.</i>

Wie nur die Profile für das Standard Dokument implementieren?

- Multirepräsentationskonzept auf konzeptioneller Ebene in UML definiert
 - Übertragbar nach XML (normativer Teil von CityGML)
- Neue Profile für Definition der LoDs in natürlicher Sprache definiert (Tabellen)
 - Bidirektionale Übersetzung von UML zu XML muss gesichert sein
- **Drei mögliche Wege** für die Definition der Profile:
- Object Constrained Language (OCL), 
- XML Schematron und 
- Vordefinierte Geometrie Attribute 



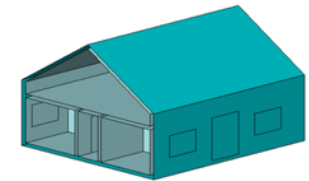
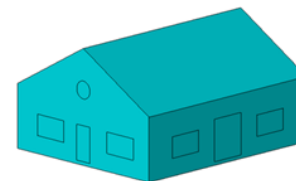
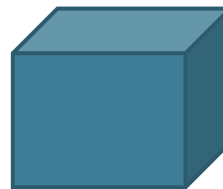
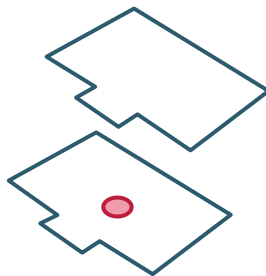
Mögliche Lösung

Multirepräsentationsmodell als Hintergrundstrategie bei der Definition der CityGML 3.0 LoDs !

- LoD-spezifische Geometrierepräsentationen als Geometrieattribut für jeden feature type modellieren
 - Stellt Implementierung von MRK Profilen dar, ohne diese Profile in natürlicher Sprache definieren zu müssen
 - Leichtes Mappen von UML zu GML
 - Leichte Validierung von CityGML Instanz Dokumenten
- Anwender spezifische (eigene) Geometrierepräsentationen weiterhin durch ADEs möglich
 - Regeln für ADEs sind definiert
 - MRK basierte ADEs lassen Anwender von Flexibilität des Konzeptes profitieren

Beispiel - AbstractBuilding

	CityGML3.0/LoD0	CityGML3.0/LoD1	CityGML3.0/LoD2	CityGML3.0/LoD3
Abstract Building	<p><i>lod0Point</i></p> <p>3D point, height level to be provided by meta data</p> <p><i>lod0FootPrint</i></p> <p><i>lod0RoofEdge</i></p> <p>target: GM_Surface Non-vertical (2.5D) surface, height level to be provided by meta data.</p>	<p><i>lod1Solid</i></p> <p>Prismatic blocks model with vertical and horizontal boundary, unique height.</p> <p>Current property <i>lod1MultiSurface</i> is deleted.</p>	<p><i>lod2Solid</i></p> <p><i>lod2MultiSurface</i></p> <p>Prismatic blocks model (with vertical boundary) with standard type, generalized roof shape, roof overhangs (optional), dormers/chimneys (optional)</p> <p>if shell is represented as solid, multi surfaces are restricted to roof overhangs</p> <p>Question: Is <i>lod2Solid</i> mandatory, <i>lod2MultiSurface</i> only for additional geometry?</p>	<p><i>lod3Solid</i></p> <p><i>lod3MultiSurface</i></p> <p><i>lod3MultiCurve</i></p> <p>Architectural models</p> <p>Question: Is <i>lod3Solid</i> mandatory, and <i>lod3MultiSurface</i> only used for additional geometry (roof overhangs, for example)?</p>

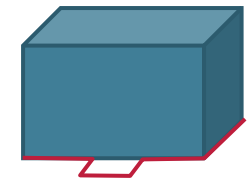
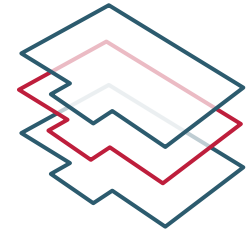


Beispiel - Room

	CityGML3.0/LoD0	CityGML3.0/LoD1	CityGML3.0/LoD2	CityGML3.0/LoD3
Room	<i>lod0Surface</i> <i>lod0Point</i> Surface: footprint of room, height level to be provided by meta data	<i>lod1Solid</i> Prismatic blocks model with vertical or horizontal boundary, unique height	<i>lod2Solid</i> <i>lod2MultiSurface</i> Prismatic block with standardized, generalized ceiling shape and dormers (optional), Question: Is lod2Solid mandatory, lod2MultiSurface only for additional geometry?	<i>lod3Solid</i> <i>lod3Surface</i> Architectural models Question: Is lod3Solid mandatory, lod3MultiSurface only for additional geometry?

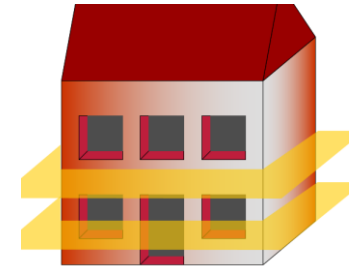
Entwurfsentscheidungen

- AbstractBuilding/LoD0: Die Namen **lod0FootPrint** und **lod0RoofEdge** wurden übernommen.
 - Deuten das Höhenniveau diese Flächen an, auch ohne Metadaten
 - Wäre nicht der Fall für allgemeineren Namen (lod0Surface).
- **lod0Curve** muss **nicht die Projektion der** korrespondierenden **lod1surface** sein.
 - Zu restriktiv
 - LoD0 Repräsentation kann detaillierteren Grundriss als LoD1 Repräsentation darstellen.



Entwurfsentscheidungen

- Die **LoD0 curve** Repräsentation einer BoundarySurface kann **zerstückelt** sein.
 - Kann auf Höhe liegen, wo etwa Fenster die Wand schneiden (1m Niveau)
- **Öffnungen** in LoD0 und LoD1 sind verbunden und werden daher von **curves oder surfaces** (nicht von MultiCurves/MultiSurfaces) repräsentiert.



Noch offene Diskussionspunkte

- **Solid-Repräsentation mandatorisch** für Buildings/BuildingParts und Rooms in LoD1 - LoD3? Damit wären sie wasserdicht.
 - **Heute:** Solid-Repräsentation und MultiSurface-Repräsentation möglich
 - **Problem:** Viele existierende Modelle würden invalide
 - **Vorschlag:** “MultiSurface without Solid” als deprecated (überholt, in Zukunft zu vermeiden)
- **Gebäude** möglich **ohne Solid- oder MultiSurface-Repräsentation** als Eigenschaft eine Buildings oder buildingParts? Solche Gebäude könnten durch MultiSurfaces (teilweise) umschlossen werden.
 - Frage irrelevant, wenn erste Frage positiv beantwortet
- **Gebäude ohne jegliche Geometrie?**
- **Einheitliche Höhe für LoD1Solid** für Gebäude, Gebäudeteil oder Raum?

Noch offene Diskussionspunkte

- In LoD3 schneiden Öffnungen **Löcher** in die BoundarySurface oder die lod3Solid/lod3MultiSurface. Soll das auch **für LoD1 - LoD2** gelten?
 - Wenn nicht wäre Modellierung der LoD1 und LoD2 Geometrie einfacher
 - Wenn doch wäre Modellansatz konsistenter und Softwareentwicklung einfacher
- **BuildingInstallation und InteriorBuildingInstallation** haben gleiche Eigenschaften
 - Vorschlag: **Zusammenlegung** der Klassen mit zusätzlichen Attribut *relationTo Building* mit drei Werten (*inside, outside, bothInsideAndOutside*)
 - Vorteil: Installationen die im Inneren UND Äußeren vorkommen können repräsentiert werden (Rohre, Kabel, ...). Derzeit nicht möglich.

Zusammenfassung

- Neues LoD-Konzept auf Basis eines **Multirepräsentationskonzeptes** (MRK)
- Wegen der Probleme, Profile in den normativen Teil der Spezifikation zu übertragen dient das MRK **als Grundkonzept**
- **LoD-spezifische Geometrierepräsentationen** als Geometrieattribut für jeden feature type modelliert (nicht nur Building)
 - Anwender spezifische (**eigene**) **Geometrierepräsentationen** weiterhin **durch ADEs** möglich
- Vorteile
 - **Konsistentes Model** auf konzeptueller und normativer Ebene
 - **Kein Konflikt** von MRK mit ADE Mechanismus

Die Vorgeschlagene Modellierung ermöglicht **wesentlich mehr Anwendungen** und verursacht vertretbaren Portierungsaufwand

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!