

INTERPRETATION VON 2D-CAD-PLÄNEN ZUR AUTOMATISIERTEN ERSTELLUNG EINES CITYGML-GEBÄUDEMODELLS

Marcel Butz-Bonczyk
Thomas Becker

TU Berlin
Institut für Geodäsie
und Geoinformationstechnik

Kurzfassung: *Mit der steigenden Nachfrage nach 3D-Stadtmodellen in den verschiedensten Aufgabenbereichen, ergibt sich das Problem, wie Daten für Stadtmodelle effektiv und kostengünstig gewonnen und multifunktional verfügbar gemacht werden können. Wesentlicher Bestandteil eines 3D-Stadtmodells sind die Gebäudemodelle, die durch CityGML semantisch beschrieben und austauschbar gemacht werden. Dieser Beitrag soll einen Lösungsansatz zur kostengünstigen und effektiven Erstellung eines geometrisch-semantischen CityGML-Gebäudemodells, aus vorhandenen 2D-CAD-Plänen, vorstellen.*

1 Einleitung

Viele Städte und Kommunen, wie beispielsweise Berlin, München, Karlsruhe und Hamburg haben bereits 3D-Stadtmodelle ausgearbeitet. Die vorhandenen geometrischen 3D-Stadtmodelle dienen zurzeit ausschließlich der Visualisierung. Der Trend zeigt, dass die Nachfrage nach Stadtmodellen in den Kommunen rasant ansteigt, da diese für viele Zwecke öffentlicher Belange herangezogen werden können. Einerseits werden virtuelle Stadtrundgänge, Wirtschafts- und Standortförderungen möglich, andererseits können mit 3D-Stadtmodellen Überflutungs-, Schadstoffausbreitungs- und Klimamodelle generiert werden. Es besteht jedoch ein dringender Bedarf Stadtmodelle für ingenieurtechnische Berechnungen, wie Schadstoff- und Lärmausbreitung, zu nutzen. Für diese Anwendungen muss die Basis ein semantisches Stadtmodell sein. Diese Modelle umfassen insbesondere die dreidimensionale Repräsentation von Gebäuden, nicht nur durch geometrische sondern auch durch semantische Informationen über die Gebäude und deren

Bestandteile. Die primäre Erfassung von Gebäuden für Stadtmodelle ist sehr aufwendig und kostenintensiv, und beinhaltet die Methoden der Photogrammetrie und Ingenieurgeodäsie. Aus diesem Grund gab es bislang nur projektbezogene Einzelanwendungen. Durch zunehmende technische Entwicklung und Innovation ist es derzeit möglich, fachspezifische und anwendungsspezifische, georeferenzierte Daten in Stadtmodelle zu integrieren. Hier versteht sich CityGML als interoperables Austauschformat von 3D-Stadtmodellen und stellt ein gemeinsames semantisch-geometrisches Modell der Stadt oder des Gebäudes zur Verfügung. Unter Verwendung des vorgestellten Verfahrens, soll aufgezeigt werden, wie mittels sekundärer Datenerfassung ein geometrisch-semantisches Gebäudemodell erstellt werden kann.

2 Grundlagen

2.1 Gebäudemodellierung und -repräsentation in CityGML

CityGML wird seit 2002 von den Mitgliedern der Special Interest Group 3D (SIG 3D) der Geodaten Infrastrukturinitiative Nordrhein-Westfalen (GDI NRW) entwickelt. Die SIG 3D ist eine Gruppe von mehr als 70 Mitgliedern, die alle für 3D-Stadtmodelle relevanten Bereiche vertreten. Das Ziel der SIG 3D ist es, ein interoperables 3D-Stadtmodell zu schaffen, das nicht wie bisher üblich das Stadtmodell als rein graphisches oder geometrisches Modell begreift, sondern auch die thematischen, semantischen und topologischen Aspekte des Stadtmodells berücksichtigt.

CityGML unterstützt thematisch differenzierte Klassen (Gebäude, Transportwege, Reliefs, u.v.m.) und stellt verschiedene Detaillierungsgrade zur Verfügung. Um das Stadt- oder Gebäudemodell interoperabel und austauschbar zu gestalten, wurde CityGML als Applikationsschema von GML3 entwickelt. Grundlage für das Gebäudemodell sowie auch allen anderen Geo-Objekten aus CityGML ist das so genannte *Basismodell*. Es ermöglicht die konsistente und topologische Definition der geometrischen und topologischen Eigenschaften [1].

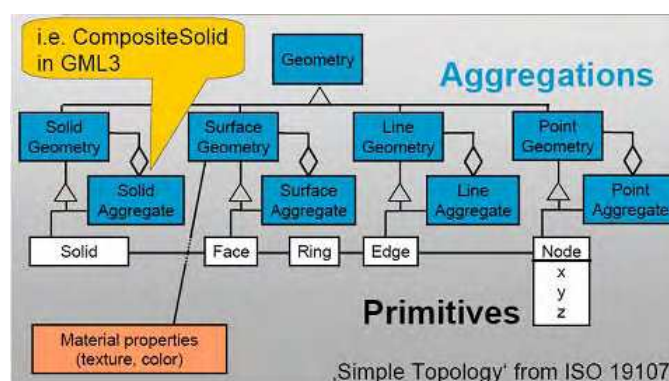


Abbildung 1: Struktur des GML3-Basismodells [1]

Die Grundlagen des Basismodells sind Primitiven, die sich zu Aggregaten zusammensetzen.

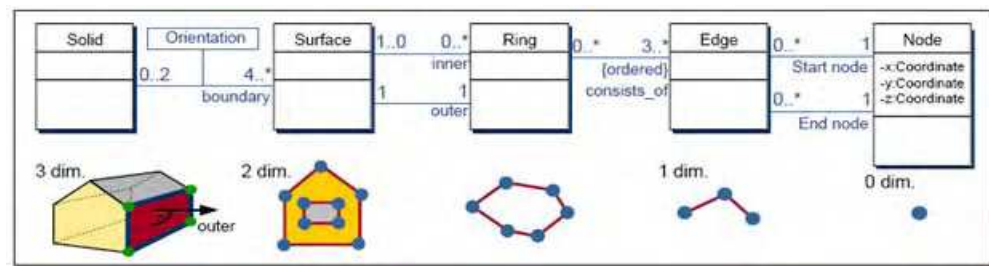


Abbildung 2: Geometrisch-topologisches Modell für 0-, 1-, 2- und 3-dimensionale Primitive [2]

Die Primitiven sind hierbei nulldimensionale (Punkt), eindimensionale (Linie), zwei-dimensionale (Fläche) und dreidimensionale (Volumina) Geo-Objekte, die topologisch miteinander verknüpft sind. CityGML unterstützt nicht die komplette topologische Modellierung von GML3, sondern die Topologiemodellierung beginnt bei Ring und setzt sich über Surface zu Solid fort.

Die Aggregationsebene in Abbildung 1 beschreibt eine Bestandteilshierarchie der Primitiven untereinander. „Eine Volumengeometrie kann z.B. entweder ein Volumenaggregat sein, das wiederum aus Volumengeometrien besteht, oder ein primitiver Volumenkörper. Dieses Entwurfsmuster der rekursiven Aggregation für jede Dimension bietet größtmögliche Flexibilität, da die Tiefe der Rekursion - die Anzahl der Bestandteilebenen - nicht beschränkt ist.“[3]

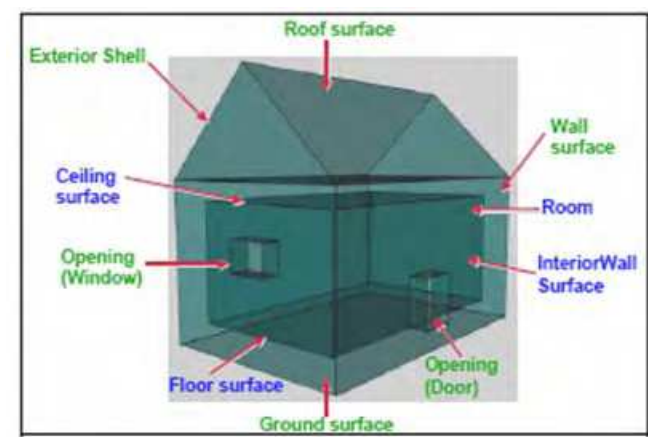


Abbildung 3: Gebäudebeschreibung von CityGML in der Detailstufe 4 [4]

Das CityGML-Gebäudemodell erlaubt die Darstellung von thematischen und räumlichen Eigenschaften von Gebäuden, Gebäudeteilen und Installationen in 4 Detaillierungsgraden. In den einzelnen Detaillierungsgraden, dürfen nicht alle modellierten Objekte und Aggregationsebenen existieren. Jedoch kann ein Gebäude für jede Detailstufe indem es modelliert wird, eine eigenständige Geometrie besitzen. In Abbildung 4 ist die Modellierung von Gebäuden jeder Detailstufe, als UML-Diagramm dargestellt.

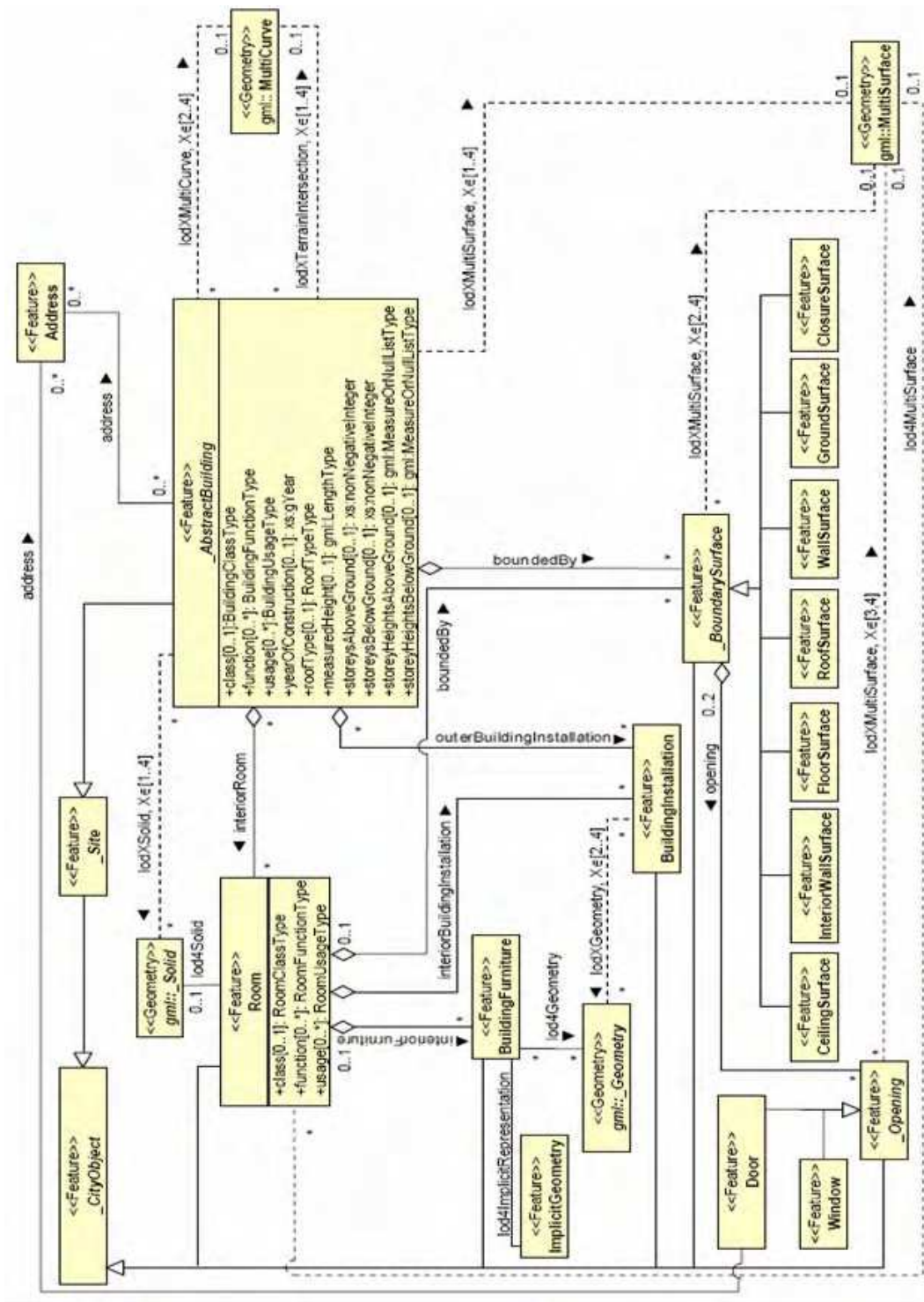


Abbildung 4: UML-Diagramm von CityGML-Building Model Part1 [5]

2.2 Datengrundlage für die Gebäudemodellierung

Um den Erfassungsaufwand zu minimieren liegt es nahe, Bestandspläne für die Modellierung von Gebäudemodellen zu nutzen. Diese liegen meist im Austauschformat für CAD-Systeme, dem Drawing Interchange Format (DXF) vor. Die Grundlage des entwickelten Verfahrens bilden 2D-Grundrisspläne im DXF-Format. Die Mindestanforderungen an die verwendeten Pläne bzw. des Gebäudes, bezüglich des Informationsgehalts, waren:

- die Konstruktion (Wände, Türen, Fenster)
- die Geometrirepräsentation der Räume durch Polygone
- Höheninformationen bezüglich der Konstruktion

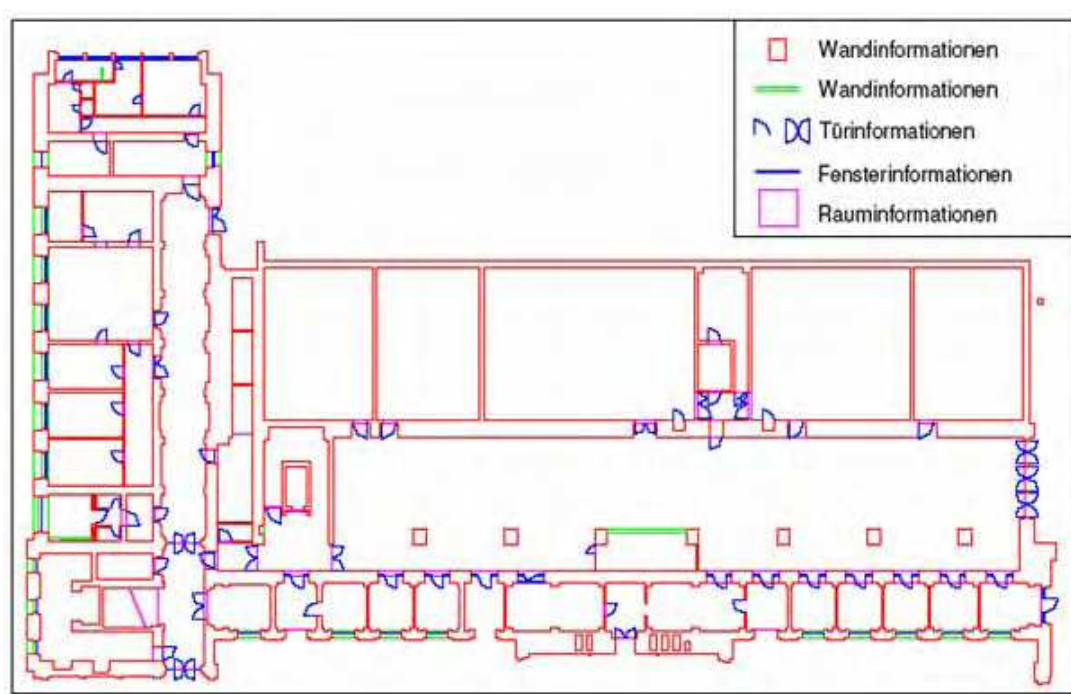


Abbildung 5: mit den Mindestanforderungen des Informationsgehaltes

Um ein allgemeingültiges Verfahren zur Erkennung von Geometrieobjekten innerhalb von Grundrissen zu entwickeln, war es notwendig sich auf einheitliche Zeichenregeln zu beziehen. Die Basis des Erkennungsverfahrens bildet die DIN 1356. Speziell werden hier Regelungen für die Darstellungsarten von Türen (siehe Abbildung 6) und Fenstern (siehe Abbildung 7) benötigt.

Mit dem entwickelten Verfahren ist es möglich aus vorliegenden Geometrieobjekten, CityGML-spezifische geometrisch-semantische Objekte abzuleiten. Hierfür ist eine unabdingbare Restriktion, dass in den Plänen die geometrischen Objekte thematisch durch die Layertechnologie unterschieden werden. Somit ist innerhalb der Datenvorinterpretation eine Differenzierung zwischen Wand-, Tür- und Fenstergeometrie möglich. Weiter-

hin kann eine Klassifizierung der Tür- und Fenstergeometrie bezüglich der Höhe erreicht werden, indem Objekte unterschiedlicher Höhe verschiedenen Layern zugeordnet werden.

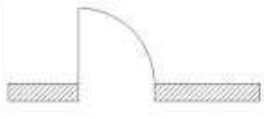
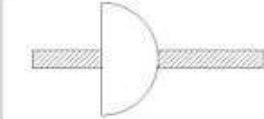

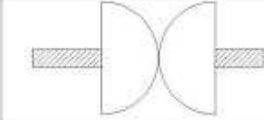
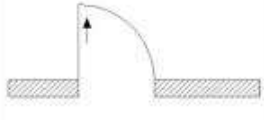
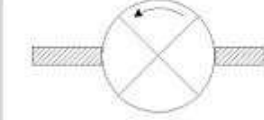
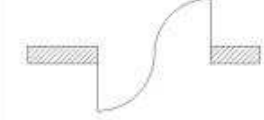
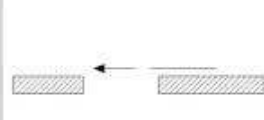
Drehflügel, einflügelig		Pendelflügel, einflügelig	
Drehflügel, zweiflügelig		Pendelflügel, zweiflügelig	
Hebe-Dreh- Flügel		Drehtür	
Drehflügel zweiflüg., gegeneinander- schlagend		Schiebeflügel	

Abbildung 6: Darstellung verschiedener Türformen nach DIN 1356 entnommen aus [6]

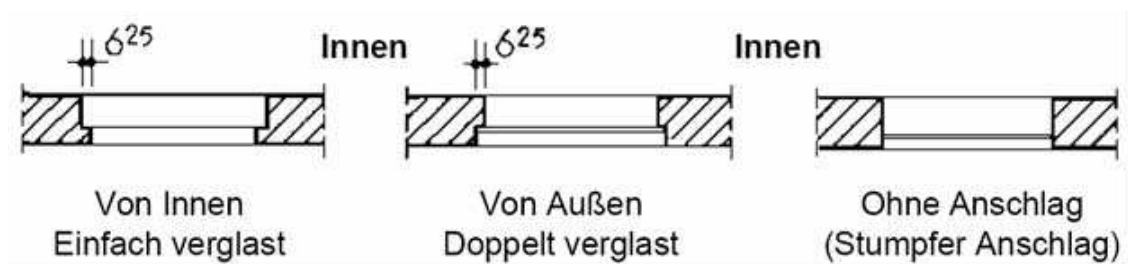


Abbildung 7: Darstellung verschiedener Fensterformen im Grundriss [7]

2.3 Datenkonsistenz in CAD-Plänen

Im Zuge der Interpretation der DXF-Pläne fiel auf, dass Bestandspläne Dateninkonsistenzen aufweisen. Diese sind hauptsächlich im Bereich der Zeichengenauigkeit zu finden. Ein häufig auftretender Fehler sind die Over- und Undershoots, bedingt durch die Snapfunktion der CAD-Anwendungen (siehe Abbildung 8).

Ein weiteres Problem innerhalb der Pläne, sind Inkonsistenzen bezüglich der Liniengeometrie. So ist es möglich, dass Linienobjekte gleicher Layerzugehörigkeit, mehrfach übereinander liegen und so ungültige Topologiebeziehungen bilden.

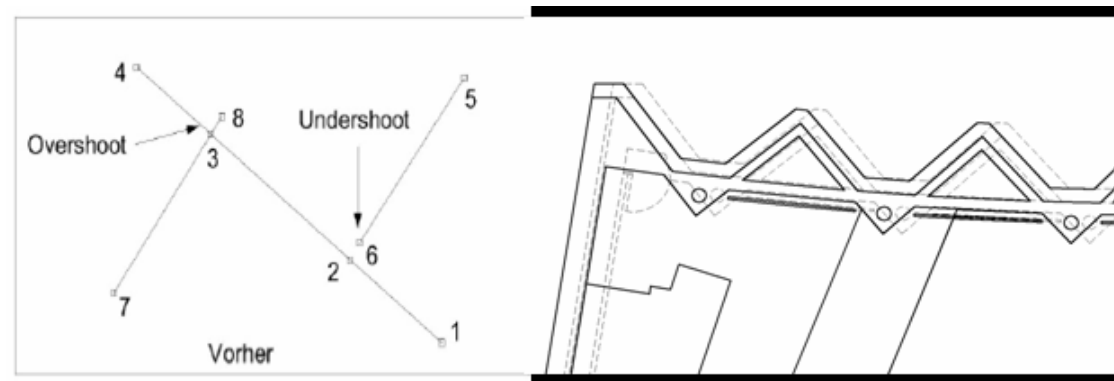


Abbildung 8: Over- und Undershoot (links), Dateninkonsistenz bezüglich zweier Stockwerke

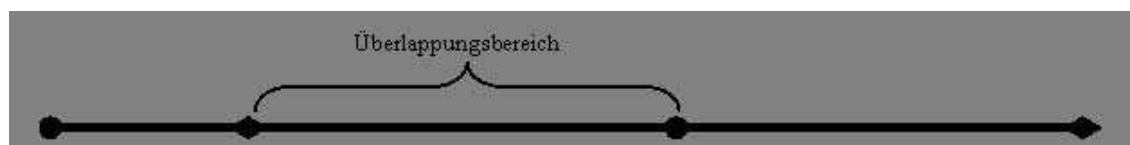


Abbildung 9: Ungültige Liniengeometrie

Innerhalb eines Gebäudes mit mehreren Stockwerken, kann man erwarten, dass konsistente Daten über alle Stockwerke des Gebäudes vorliegen. Durch Ungenauigkeiten beim Innenaufmass oder allgemein bei der Datenerfassung der Gebäudegeometrie, kann der Fall eintreten, dass Stockwerke geometrisch nicht deckungsgleich übereinander liegen. Einige der aufgetretenen Dateninkonsistenzen können innerhalb der Topologieprüfung aufgedeckt und beseitigt werden. Für den Vergleich von mehreren Grundrissplänen innerhalb eines Gebäudes müssen noch geeignete Prüfverfahren entwickelt werden.

3 Methodische Vorgehensweise

Die Vorgehensweise der Interpretation und Modellierung der Daten, für die Erzeugung eines Gebäudes der Detailstufe 4, soll unter Verwendung nachstehender Abbildung 10 erläutert werden.

- Lesen der Geometriedaten (Linie, Polygon, Kreisbogen) aus der DXF-Datei
- Topologieprüfung:
 - o Topologiebildung durch Berechnung von Schnittpunkten für Wand-Wand-Geometrie, Wand-Tür-Geometrie und Wand-Fenster-Geometrie
- Erkennen der Fensterobjekte nach den vordefinierten Regeln (siehe Abbildung 7)
- Erkennen der Türobjekte nach DIN 1356 (siehe Abbildung 6)
- Generieren der Innen- und Außenwände, sowie der zugehörigen Leibungen

- Festlegen der Beziehungen zwischen Wand-Tür-Wand und Wand-Fenster-Wand
- Ablegen der Vorinterpretierten Daten in die definierte Schnittstelle
- Oberflächenorientierung für die 3D-Visualisierung, Erkennen der Raumstruktur
- Modellieren des Gebäudes durch ein CityGML-konformes XML-File
 - o Erzeugen der Außenwände
 - Integrieren der Fenster/Türen in die jeweilige Außenwand
 - o Erzeugen der Innenwände
 - Integrieren der Fenster/Türen in die jeweilige Innenwand, verwenden der XLink-Topologie, um auf existierende Tür- und Fensterobjekte zu verweisen
 - o Erzeugen der Dach-, Boden-, Fußboden- und Deckenflächen
 - o Integrieren der erkannten Räume mit Verweis (XLink) auf vorhandene Geometrieobjekte, die zu dem jeweiligen Raum gehören (min. 3 Innenwände, 1 Fußboden- und 1 Deckenfläche)

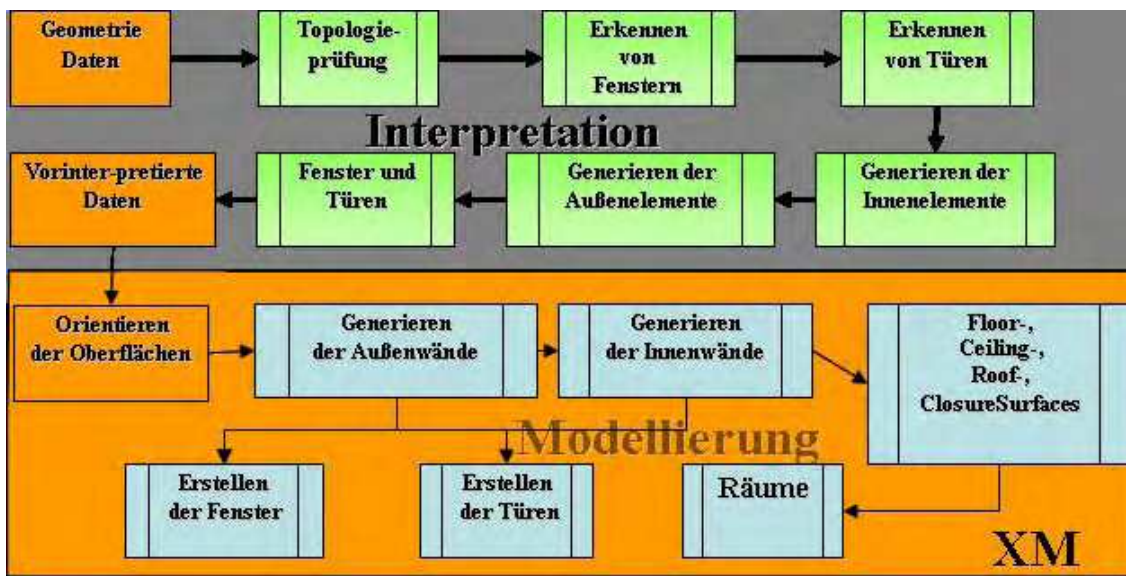


Abbildung 10: Methodischer Ablauf des Interpretations- und Modellierungsverfahrens

Im nachstehenden Pseudocode ist ein Auszug aus der Methode "Topologiebildung", für die Geometrien Wand-Tür, Wand-Wand und Wand-Fenster, dargestellt. Mit dieser Funktion wird überprüft, ob Punkte auf einer Kante liegen die keine Knoten im Sinne der allgemeingültigen Topologieregeln sind.


```

Require: Wand-Liste {0,...,n};
1: for i = 0, ... ,n do
2:   definieren der Sollpunkte p1 und p2 und berechnen der
   Sollstrecke soll
3:   Teste Wand-Liste {
4:     for j = 0, ... , n do
5:       if i != j then
6:         definieren der Testpunkte t1 und t2
7:         berechnen der Teilstrecken 1,2,3,4
8:         if (t1=p1 or t1=p2 or t2=p1 or t2=p2) then
9:           Koordinaten identisch
0:         else
11:          sum =teilstr1+teilstr2 or sum =teilstr3+teilstr4
12:          if soll = sum then
13:            t1, t2   Kante P1P2, Splitten der Kante
14:          end if
15:        end if
16:      end if
17:    end for }
18: end for

```

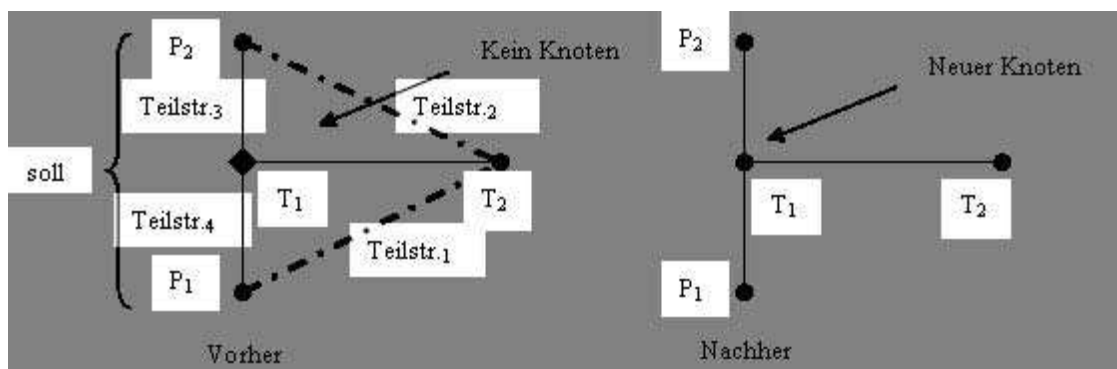


Abbildung 11: Prinzipskizze für die Topologiebildung

4 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem 3D-Stadtmodell der SIG 3D und seiner Umsetzung CityGML stehen die Voraussetzungen für einen Austausch und die Verbreitung von Stadt- und Gebäudemodellen zur Verfügung. Etabliert sich CityGML als OGC-Standard, so kann man davon ausgehen, dass sich CityGML als Austauschmodell für 3D-Stadtmodelle durchsetzen wird, da hier alle wichtigen Anforderungen, wie Semantik, 3D-Visualisierung, Datenaustausch und Raumbezug zu einem kompletten Modell vereint werden. Mit dem vorgestellten Verfahren ist es möglich, innerhalb kurzer Zeit aus bestehenden Geometriedaten, in Form von 2D-CAD-Plänen, ein geometrisch-semantisches 3D-Gebäudemodell zu erzeugen.

Die Einführung der SmartBuilding-Technologie kann bei Gebäuden genutzt werden, die gleich bleibende Geometriedaten bezüglich mehrerer Stockwerke aufweisen. So können durch geometrische Transformationen, mehrere Stockwerke aus einem Grundriss modelliert werden. Weiterhin können durch solche Transformationen die meist lokal vorliegenden Grundrissdaten georeferenziert werden. Bei weiterführenden Entwicklungen sollten die anderen Detailstufen des CityGML-Gebäudemodells unterstützt werden, wobei an dieser Stelle Generalisierungsansätze oder neue Datenquellen (ALK / ATKIS) genutzt werden sollten.

Literatur

- [1] Kolbe, T., CityGML, OGC TC Meeting New York City 01/2005, www.citygml.org/docs/Kolbe_CityGML_OGC_NYC_CAD+GIS_WG.pdf
- [2] Kolbe, T., Gröger, G., Towards Unified 3D City Models Vortrag: http://www.ikg.uni-bonn.de/fileadmin/sig3d/pdf/CGIAV2003_Kolbe_Groeger.pdf
- [3] Gröger, G., Benner, J., Dörschlag, D., Drees, R., Gruber, U., Leinemann, K., Löwner, M.-O., Das interoperable 3D-Stadtmodell der SIG 3D; in: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement; Herausgeber: DVW e.V. ; Heft 6/2005 S. 4 Kapitel 2.2
- [4] Open Geospatial Consortium Inc.: OpenGIS® CityGML Implementation Specification Discussion Paper Reference number: OGC 06-057 Version:0.3.0
- [5] Entnommen aus: http://www.citygml.org/docs/CityGML_UML_Diagram_060531.pdf
- [6] Schneider, K.-J., Bautabellen für Ingenieure mit europäischen und nationalen Vorschriften, Werner-Verlag 12. Auflage 1996, Düsseldorf
- [7] Kiekbusch, J., Methoden der Darstellung - Bauzeichnungen II, Technische Universität Hamburg-Harburg, Lehr- und Forschungsbereich Bauphysik und Werkstoffe im Bauwesen, Prof. Dr.-Ing. L. Franke

Kontakt

Marcel Butz-Bonczyk | Thomas Becker

Technische Universität Berlin

FG Methodik der Geoinformationstechnik

Straße des 17.Juni 135

10623 Berlin

e-mail: marcel@fpk.tu-berlin.de | tom@fpk.tu-berlin.de