

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einleitung	13
2 CityGML als OGC-Norm	15
2.1 Das Open Geospatial Consortium.....	15
2.2 Kurze Geschichte von CityGML	16
2.3 GML als Basis.....	17
2.4 Normen ringsherum	18
2.5 Alternativen für Gebäudemodelle	20
2.6 Stadtmodelle heute.....	21
2.7 Visualisierungen.....	23
2.8 Ausblick	25
2.9 Was ist neu in CityGML 2.0?.....	27
3 Grundlagen	29
3.1 Objektorientierte Modellierung und UML.....	29
3.2 XML und XML-Schema.....	32
3.2.1 Die Idee von XML	32
3.2.2 XSD-Schemata.....	33
3.2.3 XML-Types.....	35
3.2.4 Verlinkungen	36
3.2.5 Modularisierung durch <i>import</i> - und <i>include</i> -Anweisungen.....	37
3.3 Von <i>Features</i> und <i>Feature Types</i>	37
3.4 GML-Basics	39
3.4.1 Überblick und Module	39
3.4.2 Prinzipien und Basistypen in GML.....	40
3.4.3 <i>Features</i> und <i>Feature Collections</i> in GML.....	42
3.4.4 Grundzüge der Geometrie und Topologie.....	42
3.4.5 Das Geometriemodell von GML 3.1.1.....	45
3.4.6 Geometrie- <i>Properties</i> in GML	54
4 Das Objektmodell von CityGML	59
4.1 Objekte und ihre Eigenschaften	59
4.1.1 CityGML-Objekte als GML- <i>Features</i>	59
4.1.2 Die Attribute <i>class</i> , <i>function</i> und <i>usage</i>	60
4.1.3 <i>Generic Application Properties</i>	60

4.2	Geometrien in CityGML.....	61
4.2.1	GML-Geometrien in CityGML.....	62
4.2.2	Implizite Geometrien	67
4.3	<i>Levels of Detail</i>	69
4.4	Erscheinungsbild: das <i>Appearance</i> -Modul	72
4.4.1	<i>Appearance</i> -Elemente und <i>SurfaceData</i>	72
4.4.2	X3D-Material	76
4.4.3	Texturen	83
4.5	Die Module von CityGML.....	89
4.6	Die Klasse <i>CityModel</i>	91
4.7	Gemeinsame Basis: die abstrakte Klasse <i>_CityObject</i>	93
4.8	Gruppierungen: die Klasse <i>CityObjectGroup</i>	97
4.9	Adressen.....	98
5	Das Geländemodell	101
5.1	Das <i>Relief</i> -Modul in CityGML.....	101
5.2	Praxisbeispiel: Aufbau eines Reliefmodells aus einem Digitalen Geländemodell	105
5.2.1	Vorgehen	105
5.2.2	Überführen der Rohdaten in eine <i>3D Feature Class</i>	105
5.2.3	Erzeugung des CityGML-Modells für das Relief.....	107
5.2.4	Ergebnis	111
6	Die Bodenbedeckung	115
6.1	Das <i>LandUse</i> -Modul.....	115
6.2	Praxisbeispiel: Aufbau eines Landnutzungsmodells mit dem Basis-DLM (AAA)	118
6.2.1	Vorgehen	118
6.2.3	Generierung des CityGML-Modells für <i>LandUse</i>	122
6.2.4	Ergebnis	126
7	Das Gebäudemodell	131
7.1	Überblick.....	131
7.2	Das Gebäudemodell in LOD0.....	138
7.3	Das Gebäudemodell in LOD1.....	140
7.4	Praxisbeispiel: Erzeugung eines Gebäudemodells in LOD1 aus ALKIS-Daten	142
7.4.1	Vorgehen	142
7.4.2	Importieren der Daten und Berechnung der Gebäudehöhen	143
7.4.3	Ermittlung der typisierten Gebäudehöhen	144
7.4.4	Erzeugung einer <i>3D Feature Class</i> für die Gebäude.....	148

7.4.5	Generierung des CityGML-Modells für Buildings in LOD1	154
7.4.6	Ergebnis	161
7.5	Das Gebäudemodell in LOD2.....	167
7.6	Praxisbeispiel: Erzeugung eines LOD2-Gebäudes in SketchUp	174
7.7	Praxisbeispiel: Erzeugung eines Gebäudemodells in LOD2 aus ALKIS- und LIDAR-Daten.....	178
7.7.1	Vorgehen	178
7.7.2	Arbeitsweise der CityEngine	179
7.7.3	Grundlegende Regeln zur Erzeugung der Dachformen	182
7.7.4	Einrichtung des CityEngine-Projekts.....	186
7.7.5	Erzeugung und Anreicherung der Referenzpunkte	187
7.7.6	Generierung der Modelle in der CityEngine.....	190
7.7.7	Überführung in ein CityGML-Modell für Buildings in LOD2.....	196
7.7.8	Ergebnis	198
7.8	Das Gebäudemodell in LOD3	200
7.9	Praxisbeispiel: Modellierung eines CityGML-LOD3-Gebäudemodells mit SketchUp.....	206
7.10	Praxisbeispiel: Modellierung eines komplexen Gebäudes in LOD3	215
7.11	Das Gebäudemodell in LOD4.....	218
8	Vegetation	229
8.1	Das CityGML-Vegetationsmodell im Überblick	229
8.2	Flächendeckende Vegetation	230
8.3	Praxisbeispiel: Erzeugung eines flächendeckenden Vegetationsmodells aus dem DLM	231
8.3.1	Vorgehen	231
8.3.2	Ermittlung der Geometrieparameter	233
8.3.3	Erzeugung der 3D-Geometrien für Vegetationskörper.....	236
8.3.4	Generierung des CityGML-Modells für <i>PlantCoverObjects</i>	238
8.3.5	Ergebnis	239
8.4	Einzelne Vegetationsobjekte	243
8.5	Modellierung der Vegetation durch Fächergeometrie	245
8.6	Modellierung von Bäumen durch analytische Geometrie.....	251
8.6.1	Grundlagen.....	251
8.6.2	Erzeugung von Baumgeometrien in X3D.....	252
8.6.3	Erzeugen von Bäumen mit dem Programm TreeGenerator	259
8.6.4	Erzeugen von Bäumen mit einem FME-Prozess	261
8.6.5	Erzeugung von Baumgeometrien mit der ArcGIS <i>3D Symbolology</i>	262
8.7	Praxisbeispiel: Erstellung eines Vegetationsmodells aus einem Baumkataster ...	263
8.7.1	Vorgehen	263
8.7.2	Ermittlung der Geometrieparameter	264

8.7.3	Erzeugung der 3D-Geometrien für Bäume	267
8.7.4	Generierung des CityGML-Modells für <i>SolitaryVegetationObjects</i>	271
8.7.5	Ergebnis	273
8.8	Weiterführende Modellierung von Bäumen.....	277
8.8.1	Modellierung des Wurzelbereichs.....	277
8.8.2	Analytische Geometrie in LOD3	278
9	Weitere Modellbestandteile	281
9.1	Brücken	281
9.2	Tunnel	288
9.3	Gewässer	293
9.4	Verkehr	296
9.5	Stadtmöblierung.....	302
9.6	Praxisbeispiel: Aufbau eines CityFurniture-Modells für Stromkästen	308
9.6.1	Vorgehen	308
9.6.2	Aufbau der 3D-Geometrien für die Stromkästen.....	310
9.6.3	Erzeugung der CityGML <i>CityFurniture</i> -Objekte.....	312
9.6.4	Ergebnis	314
10	Visualisierung	319
10.1	Visualisierungspipeline	323
10.2	Grundlagen von X3D.....	324
10.2.1	Einführendes Beispiel	324
10.2.2	Transformationen	325
10.2.3	Polygonale Modelle	328
10.2.4	Textures	333
10.3	Mapping von CityGML nach X3D	334
10.3.1	Mapping von Material und Textur	340
10.3.2	Eine FME Workbench für das Mapping von CityGML nach X3D	342
10.4	Digitaler Globus Cesium.....	346
10.4.1	Installation von Cesium	347
10.4.2	Eigene Ortsmarken in Cesium ergänzen	349
10.4.3	Einbindung von glTF-Modellen.....	351
10.4.4	Konvertierung von CityGML nach glTF.....	352
10.5	<i>3D Portrayal Service</i>	353
10.5.1	<i>GetCapabilities</i> -Operator	355
10.5.2	<i>AbstractGetPortrayal</i> -Operator	357
10.5.3	<i>GetScene</i> -Operator.....	358
10.5.4	<i>GetView</i> -Operator	361
10.5.5	<i>GetFeatureInfo</i> -Operator.....	363
10.5.6	Konformitätsklassen.....	365
10.5.7	Ausblick	366

11	Anwendungen und Realisierung	367
11.1	Anwendungsbereiche von 3D-Stadtmodellen.....	367
11.2	Schattenwurfanalyse	375
11.2.1	Zielsetzung.....	375
11.2.2	Vorgehen	375
11.2.3	Datengrundlage.....	376
11.2.4	Sonnenstände eines Jahrs.....	376
11.2.5	Immissionspunkte und Geschossebenen.....	377
11.2.6	Sichtlinien und Verschattungen.....	378
11.3	Vegetationsmodell zur Verschattungsanalyse.....	381
11.3.1	Einleitung	381
11.3.2	Ziel der Analyse	382
11.3.3	Zur Verschattungswirkung der Vegetation	383
11.3.4	Automatische Luftbilddauswertung.....	385
11.3.5	Erzeugung von 3D-Geometrien	389
11.3.6	Simulation des Wärmebedarfs.....	392
11.3.7	Ergebnisse	395
11.3.8	Schlussbewertung.....	397
11.4	Wärmebedarfsermittlung.....	398
11.4.1	Zielsetzung.....	398
11.4.2	Vorgehen	398
11.4.3	Importieren der Daten	398
11.4.4	Erzeugung geschlossener Geometrien	401
11.4.5	Berechnung von Oberflächen und Volumina.....	401
11.5	Management von CityGML in relationalen Datenbanken am Beispiel von 3DCityDB	403
11.5.1	Motivation.....	403
11.5.2	3DCityDB-Grundlagen.....	403
11.5.3	Import und Export von CityGML	404
11.5.4	Bildung eines räumlichen und inhaltlichen Ausschnitts	406
11.6	Steckbriefe	408
11.6.1	3D-Stadtmodell Frankfurt.....	409
11.6.2	3D-Stadtmodell Karlsruhe	411
11.6.3	3D-Stadtmodell Mainz.....	413
11.6.4	3D-Stadtmodell Hamburg	415
11.6.5	3D-Stadtmodell Luzern.....	418
11.6.6	3D-Gebäudemodell des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg.....	420
12	Anhang	425
12.1	Codelisten der SIG 3D	425
12.1.1	Allgemeines	425
12.1.2	Kernmodul	426
12.1.3	Modul <i>Building</i>	427

12.1.4 Modul <i>Bridge</i>	443
12.1.5 Modul <i>Tunnel</i>	443
12.1.6 Modul <i>Landuse</i>	444
12.1.7 Modul <i>Vegetation</i>	445
12.1.8 Modul <i>Transportation</i>	453
12.1.9 Modul <i>Water</i>	459
12.1.10 Modul <i>Furniture</i>	461
12.2 Codelisten der AdV.....	463
Literaturverzeichnis	479
Stichwortverzeichnis	491