



**Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen
der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)**

Leitfaden zur Ausgestaltung von 3D-Geobasisdaten

Version 1.0

Status:

33. Tagung AdV-Arbeitskreis Geotopographie, **Beschluss GT 2020/04**

**Bearbeitet von der Projektgruppe 3D-Geobasisdaten
im AdV-Arbeitskreis Geotopographie**

Bearbeitungsstand: 11.02.2020

Inhalt

Vorbemerkungen.....	3
1. Präsentationsobjekte.....	3
1.1. Vorbemerkung.....	3
1.2. Definition.....	3
1.3. Vorteile.....	4
1.4. Prototypen.....	4
1.4.1. Referenzpunkt.....	5
1.4.2. Geometriotyp.....	5
1.4.3. Ausgestaltung.....	6
1.4.4. Objekttyp.....	6
Instanzen.....	6
1.5. Generierung von Präsentationsobjekten.....	6
1.5.1. Erstellung der Instanzen.....	6
1.5.2. Ermittlung der Objekthöhe.....	7
1.6. Beispiele.....	10
1.6.1. Windrad.....	10
1.6.2. Hochspannungsmast.....	12
2. Texturierung.....	14
Vorbemerkung.....	14
Appearance.....	14
Beispiel.....	14
Ausblick.....	15
3. TerrainIntersectionCurve.....	16

Herausgegeben von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)

Das vorliegende Dokument ist unter der Federführung des AdV-Arbeitskreises Geotopographie von der Projektgruppe 3D-Geobasisdaten erarbeitet worden.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vorbemerkungen

Diese Handlungsempfehlung ist anwendbar für die Ausgestaltung von 3D-Geobasisdaten zum Zwecke der Visualisierung. Sie beinhaltet die Integration von Präsentationsobjekten und die flächenhafte Texturierung von Dach- und Wandflächen sowie der Verwendung von TerrainIntersectionCurve (TIC), der Schnittlinie eines DGM mit einem 3D-Objekt.

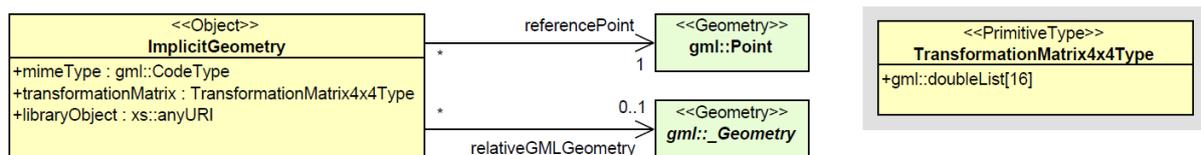
1. Präsentationsobjekte

1.1.Vorbemerkung

Landschaftsprägende Objekte wie Windräder und Hochspannungsmasten werden standardmäßig als Gebäude mit vereinfachter Geometrie abgeleitet. Gerade für Visualisierungszwecke ist diese Darstellung oft nicht ausreichend. Für die visuelle Wiedererkennung ist die Ableitung dieser Objekte als Präsentationsobjekte sinnvoll. Diese werden durch implizite Geometrie repräsentiert und DV-technisch effektiv in den Datenbestand integriert. Die Daten werden in der Objektklasse „CityFurniture“ abgelegt und sind gegen CityGML 1.0 valide. Eine Erweiterung des AdV-Profiles ist nicht vorgesehen.

1.2.Definition

Präsentationsobjekte sind detaillierte oder prototypisch abstrahierte Modelle von Bauwerken in den 3D-Geobasisdaten. Sie können mit expliziter oder impliziter Geometrie vorkommen.



Quelle: Open OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, OGC 08-007r2

„Eine implizite Geometrie ist ein geometrisches Objekt, bei dem die Form nur einmal als prototypische Geometrie gespeichert wird, beispielsweise ein Baum oder andere Vegetationsobjekte, eine Ampel oder ein Verkehrszeichen. Dieses prototypische Geometrieobjekt wird mehrmals wiederverwendet oder referenziert, wenn das entsprechende Feature im 3D-Stadtmodell vorkommt. Jedes Vorkommen wird durch eine Verknüpfung mit der prototypischen Formgeometrie (in einem lokalen kartesischen Koordinatensystem), durch eine Transformationsmatrix, die mit jeder 3D-Koordinate des Prototyps multipliziert wird, und durch einen Ankerpunkt dargestellt, der den Basispunkt von dem Objekt im Weltkoordinatenbezugssystem angibt. Dieser Bezugspunkt definiert auch das CRS, zu dem die Weltkoordinaten nach der Anwendung der Transformation gehören. Um die absoluten Koordinaten einer impliziten Geometrie zu bestimmen, müssen die Ankerpunktkoordinaten zu den Matrix-Multiplikationsergebnissen addiert werden. Die Transformationsmatrix berücksichtigt die beabsichtigte Rotation, Skalierung und lokale Übersetzung des Prototyps. Es ist eine 4x4-Matrix, die mit den Prototypkoordinaten unter Verwendung homogener Koordinaten, d. H. (x, y, z, 1), multipliziert wird. Auf diese Weise kann sogar eine Projektion durch die Transformationsmatrix modelliert werden.“ [OpenGIS]

Präsentationsobjekte sind für die Objektart „CityFurniture“ mit den Funktionen „Windrad“ und „Hochspannungsmast“ zugelassen. Weitere Funktionen sind analog möglich.

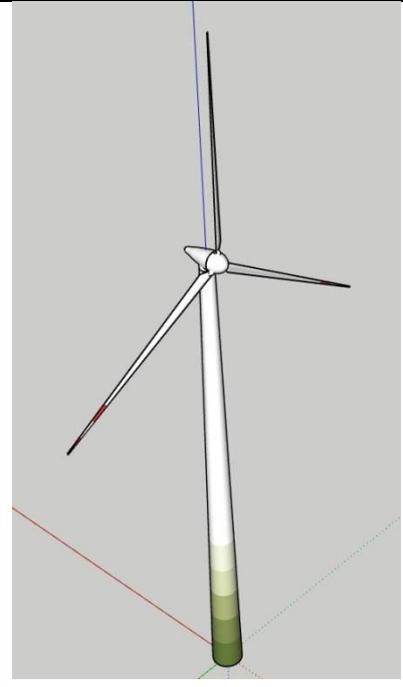
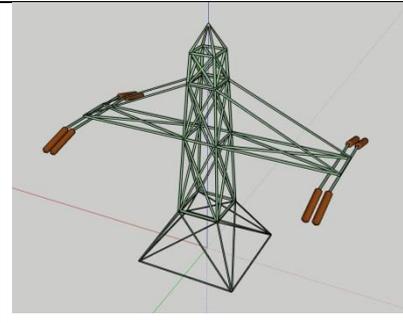
1.3.Vorteile

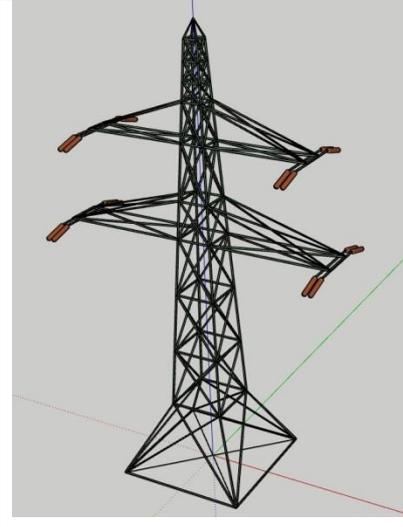
Objekte mit gleicher Ausprägung aber unterschiedlichen Positionen im 3D-Datenbestand werden als Objekte mit impliziter Geometrie abgelegt. Veränderungen in der Ausprägung müssen nur am Prototypen angebracht werden. Daneben kommt es auf Visualisierungsebene zu Vorteilen in Bezug auf Speichereffizienz und schneller und effektivem Rendering durch Graphikkarten.

„Die Einführung des Konzeptes der impliziten Geometrie orientiert sich an der Instanziierung von Primitiven zur Repräsentation von Szenengraphen in der Computergraphik (vgl. Foley et al. 1995). Dadurch wird neben einem verminderten Speicherbedarf auch eine schnellere Visualisierung ermöglicht.“ [CityGML]

1.4.Prototypen

Prototypen liegen für Windräder und Hochspannungsmasten vor und können von <http://repository.gdi-de.org/schemas/adv/citygml/Beispieldaten/> geladen werden.

	<p>Windrad, detailliert 3.394 KB Dateigröße (xml) 12.286 Polygone Referenzhöhe</p>
	<p>Hochspannungsmast, klein 1.753KB Dateigröße (xml) 5.536 Polygone Referenzhöhe 18m</p>

	<p>Hochspannungsmast, mittel</p> <p>3.824 KB Dateigröße (xml)</p> <p>11.316 Polygone</p> <p>Referenzhöhe 45m</p>
	<p>Hochspannungsmast, groß</p> <p>6.621 KB Dateigröße (xml)</p> <p>20.942 Polygone</p> <p>Referenzhöhe 65m</p>

Die Prototypen können je nach Form und Höhe Instanzen zugeordnet werden.

Für die Abgabe als CityGML-Datensatz ist es erforderlich die verwendeten Prototypen mit der Instanzdatei abzugeben. Sinnvollerweise werden die Prototypen als eigene CityGML-Datensätze den Datenabgaben beigelegt.

1.4.1. Referenzpunkt

In den vorliegenden Prototypen befinden sich die Referenzpunkte im Koordinatenursprung. Dies ist sinnvoll, da ohnehin nicht in jedem denkbaren Abrufbereich (Kachel, Polygon, etc.) der Prototyp enthalten sein kann. Ein Zoom auf die Grenzen des Datensatzes ergibt durch Einbeziehung des Referenzpunktes im Koordinatenursprung bei Viewern für Einzeldatensätze eine sehr kleinmaßstäbige Anfangsdarstellung. In Visualisierungssystemen kommt das durch die darin enthaltene Festlegung auf Position, Maßstab und Blickrichtung nicht vor.

1.4.2. Geometriotyp

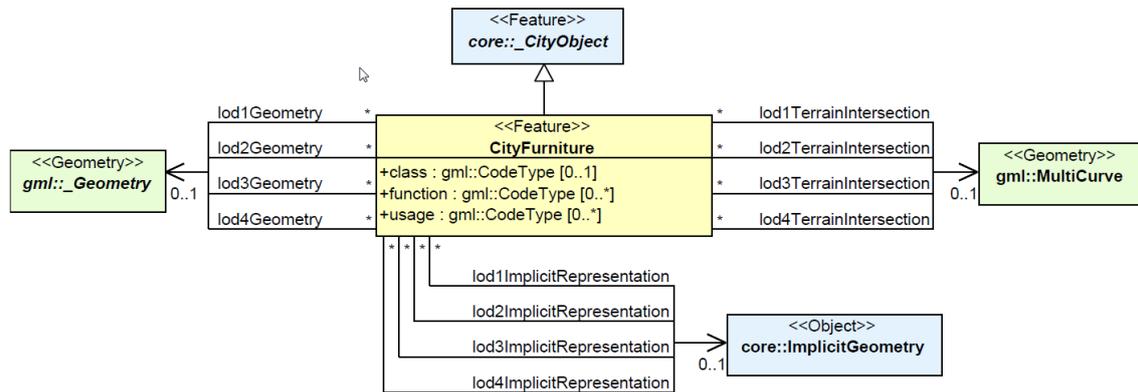
Die Geometrie der Prototypen soll als *Multisurface* (ohne semantische Flächen) repräsentiert werden da i.d.R. keine klassische Differenzierung von Dach-, Wand-, Boden- und Abschlussflächen möglich ist.

1.4.3. Ausgestaltung

Prototypen haben eigene Ausgestaltungsfeatures (<app:appearanceMember>). Somit können Farbinformationen zugeordnet werden.

1.4.4. Objekttyp

Die Abbildung von Windrädern und Hochspannungsmasten wird mit Hilfe der Objektart *CityFurniture* realisiert. Diese erlaubt die Repräsentation durch implizite Geometrie. Für die Objektart *Building* ist im Standard keine implizite Geometrie zugelassen.



Instanzen

Prototypen müssen Instanzen zugeordnet werden:

GML-ID der Geometrie des Prototypen

<gml:MultiSurface gml:id="**MultiGMLID _512_259978_368538_815**">

Referenz auf Geometrie des Prototypen in der Instanzdatei

<core:relativeGMLGeometry xlink:href="#**MultiGMLID _512_259978_368538_815**"/>

Siehe auch Beispiel 5.2 Hochspannungsmast

1.5. Generierung von Präsentationsobjekten

1.5.1. Erstellung der Instanzen

Die Standorte der Präsentationsobjekte werden aus ALKIS/ATKIS als punktförmige Objekte exportiert:

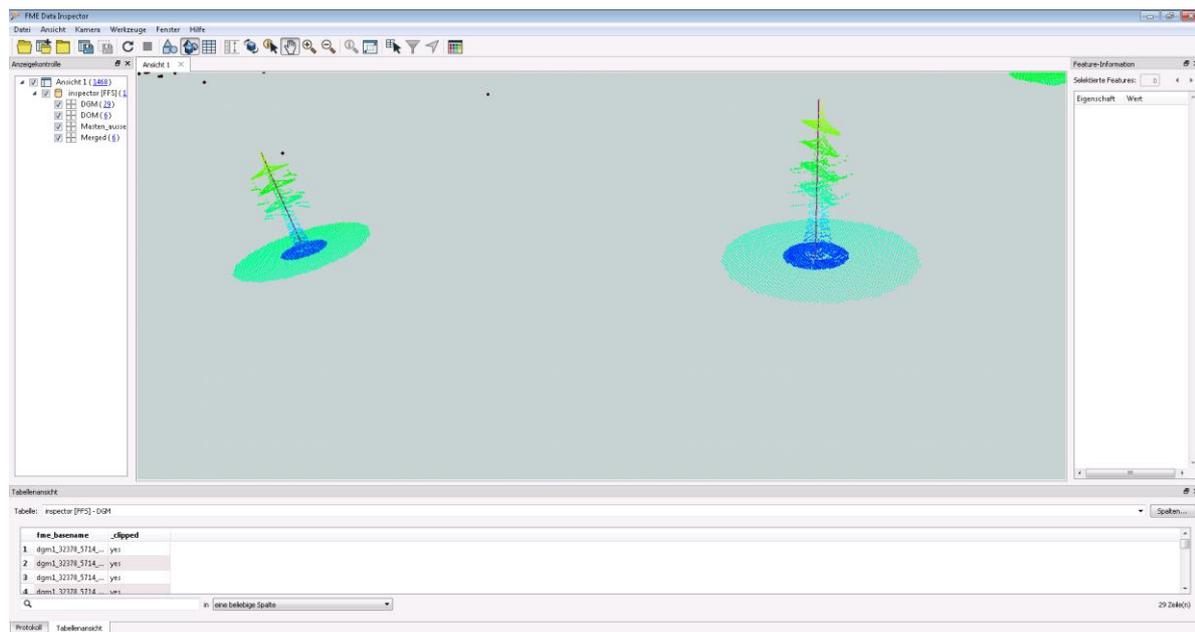
OID	ROW_ID	Longitude	Latitude
DENW52AL000gdwHb	693581813	385151,1092	5711684,7545
DENW52AL000geznB	693605598	385500,0996	5712153,629
DENW52AL000bGesYB	693653537	370036,18	5720865,6985
DENW52AL000mekBb	693686598	363833,87	5727743,5055
DENW52AL000bsgfd	693706394	375295,1496	5726090,2365
DENW52AL000pmFcA	693731239	360438,9896	5736823,729
DENW52AL000bArHga	693732678	375878,3808	5737197,8825
DENW52AL000pnzEA	693731191	362652,5272	5739602,154
DENW52AL000pnoDa	693732388	364053,0436	5737389,453

Für jeden Eintrag der Exportdatei wird eine xml-Instanz erzeugt:

```
<core:cityObjectMember>
  <frn:CityFurniture gml:id="">
    <frn:lod2ImplicitRepresentation>
      <core:ImplicitGeometry>
        <core:transformationMatrix>
          1.0 0.0 0.0 0.0
          0.0 1.0 0.0 0.0
          0.0 0.0 1.0 0.0
          0.0 0.0 0.0 1.0
        </core:transformationMatrix>
        <core:relativeGMLGeometry xlink:href="#MultiGMLID_980_805538_431838_110"/>
      </core:ImplicitGeometry>
      <core:referencePoint>
        <gml:Point><gml:pos srsDimension="3">385500.099600000015926 5712153.6289999999724329 126.326697029963</gml:pos>
        </gml:Point></core:referencePoint>
      </core:ImplicitGeometry>
    </frn:lod2ImplicitRepresentation>
  </frn:CityFurniture>
</core:cityObjectMember>
```

1.5.2. Ermittlung der Objekthöhe

Zur automatischen Ermittlung der Objekthöhe liegt eine FME-Workbench vor. Die Höhe wird durch Verschnitt der Punktwolke in einer standardisierten Selektionsfläche durch Ermittlung der maximalen enthaltenen Höhe ermittelt.



Die Objekthöhe und ggf. die Drehung um die z-Achse werden in Form einer 4x4-Transformationsmatrix angegeben.

```

<core:cityObjectMember>
<frn:CityFurniture gml:id="">
<frn:lod2ImplicitRepresentation>
<core:ImplicitGeometry>
<core:transformationMatrix>
1.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0 0.0 0.0
0.0 0.0 1.0 0.0
0.0 0.0 0.0 1.0
</core:transformationMatrix>
<core:relativeGMLGeometry xlink:href="#MultiGMLID_980_805538_431838_110"/>
<core:referencePoint>
<gml:Point><gml:pos srsDimension="3">385500.099600000015926 5712153.6289999999724329 126.326697029963</gml:pos>
</gml:Point></core:referencePoint>
</core:ImplicitGeometry>
</frn:lod2ImplicitRepresentation>
</frn:CityFurniture>
</core:cityObjectMember>

```

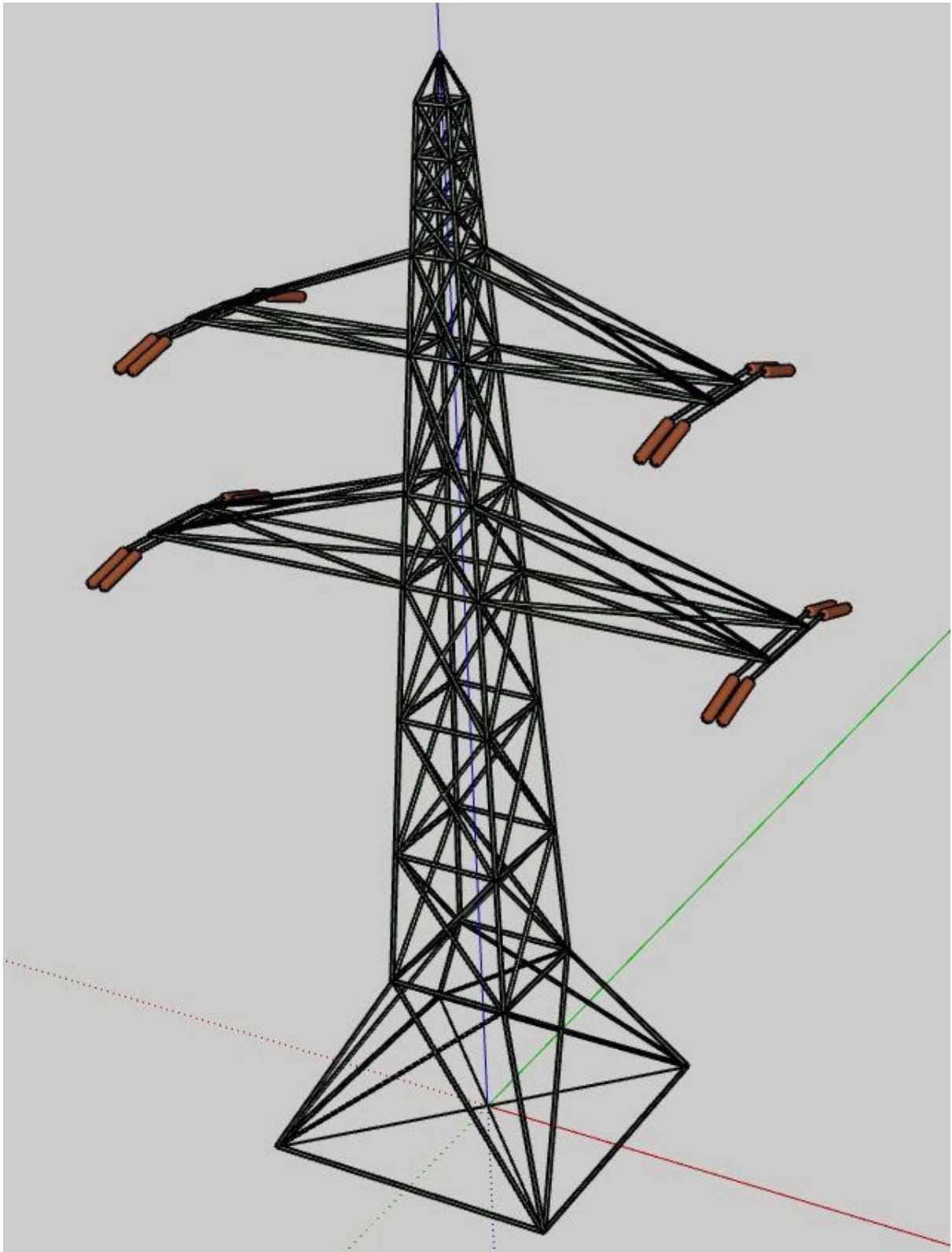
Skalierung des Objektes

Ostwert Nordwert Höhe

Belegung der Transformationsmatrix:

$\cos(\text{drehwinkel}) \cdot \text{Skalierung}$	$\sin(\text{drehwinkel}) \cdot (-\text{Skalierung})$	0.0	0.0
$\sin(\text{drehwinkel}) \cdot \text{Skalierung}$	$\cos(\text{drehwinkel}) \cdot \text{Skalierung}$	0.0	0.0
0.0	0.0	Skalierung	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0

Skalierung = **hoehe** / Ref.Höhe [18; 45; 65]



Hochspannungsmasten brauchen eine Drehung in der 4x4-Matrix der Instanz. Möglich wäre dies durch Analyse der Punktwolke oder aufgrund der Richtungen der anhängenden Leitungen.

1.6.Beispiele

1.6.1. Windrad

Windräder benötigen keine Drehung auf Instanzebene. Die einheitliche Ausrichtung entspricht der vorherrschenden Windrichtung.

Prototyp

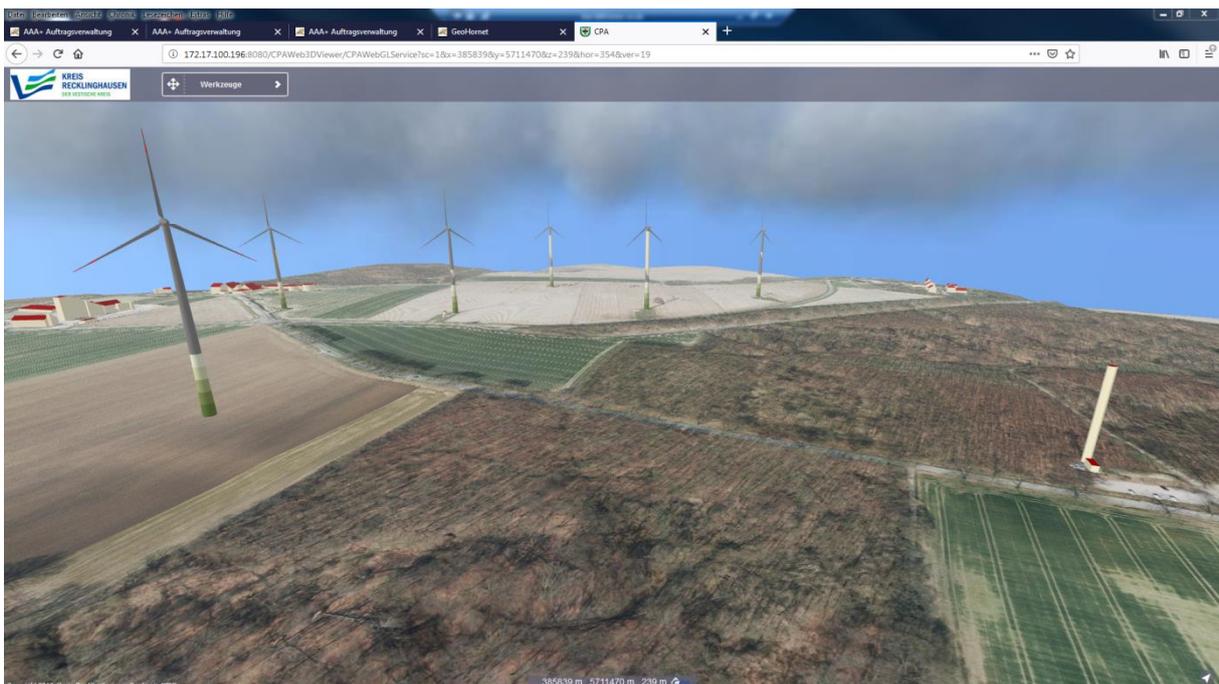
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<core:CityModel xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/citygml/2.0 ./CityGML_2.0/CityGML.xsd"
xmlns="http://www.opengis.net/citygml/2.0" xmlns:xAL="urn:oasis:names:tc:ciq:xdschema:xAL:2.0"
xmlns:app="http://www.opengis.net/citygml/appearance/2.0"
xmlns:wtr="http://www.opengis.net/citygml/waterbody/2.0"
xmlns:gen="http://www.opengis.net/citygml/generics/2.0"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:luse="http://www.opengis.net/citygml/landuse/2.0"
xmlns:tran="http://www.opengis.net/citygml/transportation/2.0"
xmlns:frn="http://www.opengis.net/citygml/cityfurniture/2.0"
xmlns:veg="http://www.opengis.net/citygml/vegetation/2.0"
xmlns:tun="http://www.opengis.net/citygml/tunnel/2.0"
xmlns:tex="http://www.opengis.net/citygml/textures/2.0"
xmlns:brid="http://www.opengis.net/citygml/bridge/2.0" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:core="http://www.opengis.net/citygml/2.0"
xmlns:dem="http://www.opengis.net/citygml/relief/2.0"
xmlns:bdg="http://www.opengis.net/citygml/building/2.0">
<app:appearanceMember>
<app:Appearance>
<app:surfaceDataMember>
<app:X3DMaterial>
<app:diffuseColor>0.36328125 0.44921875 0.20703125</app:diffuseColor>
<app:transparency>0.0</app:transparency>
<app:target>#PolyGMLID_170_411261_206143_919</app:target>
...
</app:X3DMaterial>
</app:surfaceDataMember>
</app:Appearance>
</app:appearanceMember>
<core:cityObjectMember>
<frn:CityFurniture gml:id="">
<frn:lod2ImplicitRepresentation>
<core:ImplicitGeometry>
<core:transformationMatrix>
1.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0 0.0 0.0
0.0 0.0 1.0 0.0
0.0 0.0 0.0 1.0
</core:transformationMatrix>
<core:relativeGMLGeometry>
<gml:MultiSurface gml:id="MultiGMLID_1004_188144_295239_611">
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon gml:id="PolyGMLID_170_411261_206143_919">
<gml:exterior>
<gml:LinearRing gml:id="PolyGMLID_170_411261_206143_919_0">
<gml:posList srsDimension="3"> 1.6963863686157021 37.157100221489436 0.0 1.8223863686157016
37.157100221489436 7.0000000000000002 1.826089136241002 37.307934252371915 7.000000000000001
1.7002409087591503 37.314116779337176 0.0 1.6963863686157021 37.157100221489436 0.0</gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:Polygon>
</gml:surfaceMember>
<gml:surfaceMember>
...
</gml:surfaceMember>
</gml:MultiSurface>
</core:relativeGMLGeometry>
<core:referencePoint>
<gml:Point><gml:pos srsDimension="3">0.0 0.0 0.0</gml:pos>
</gml:Point></core:referencePoint>
</core:ImplicitGeometry>
</frn:lod2ImplicitRepresentation>
</frn:CityFurniture>
</core:cityObjectMember>
<core:cityObjectMember>
```

</core:CityModel>

Prototyp-Objekt für Windrad

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<core:CityModel xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/citygml/2.0 ./CityGML_2.0/CityGML.xsd"
xmlns="http://www.opengis.net/citygml/2.0" xmlns:xAL="urn:oasis:names:tc:ciq:xdschema:xAL:2.0"
xmlns:app="http://www.opengis.net/citygml/appearance/2.0"
xmlns:wtr="http://www.opengis.net/citygml/waterbody/2.0"
xmlns:gen="http://www.opengis.net/citygml/generics/2.0"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:luse="http://www.opengis.net/citygml/landuse/2.0"
xmlns:tran="http://www.opengis.net/citygml/transportation/2.0"
xmlns:frn="http://www.opengis.net/citygml/cityfurniture/2.0"
xmlns:veg="http://www.opengis.net/citygml/vegetation/2.0"
xmlns:tun="http://www.opengis.net/citygml/tunnel/2.0"
xmlns:tex="http://www.opengis.net/citygml/textures/2.0"
xmlns:brid="http://www.opengis.net/citygml/bridge/2.0" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns:core="http://www.opengis.net/citygml/2.0"
xmlns:dem="http://www.opengis.net/citygml/relief/2.0"
xmlns:bldg="http://www.opengis.net/citygml/building/2.0">
<frn:CityFurniture gml:id="">
<frn:class codeSpace="http://http://repository.gdi-
de.org/schemas/adv/citygml/Codelisten//CityFurniture_class.xml">1030</frn:class>
<frn:function codeSpace="http://repository.gdi-
de.org/schemas/adv/citygml/Codelisten//CityFurniture_function.xml">1240</frn:function>
<frn:lod2ImplicitRepresentation>
<core:ImplicitGeometry>
<core:transformationMatrix>
1.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.58 0.0
0.0 0.0 0.0 1.0
</core:transformationMatrix>
<core:relativeGMLGeometry xlink:href="#MultiGMLID_1004_188144_295239_611"/>
<core:referencePoint>
<gml:Point><gml:pos srsDimension="3">385500.100 5712153.629 128.800</gml:pos>
</gml:Point></core:referencePoint>
</core:ImplicitGeometry>
</frn:lod2ImplicitRepresentation>
</frn:CityFurniture>
</core:cityObjectMember>
</core:CityModel>
```

Instanz von Windrad (CityGML 2.0)



In der Szene befinden sich Windräder mit detaillierter Ausprägung als Präsentationsobjekte. Die Darstellung des Windrades rechts entspricht der Standardausgestaltung als Building.

1.6.2. Hochspannungsmast

Aufgrund ihrer unsymmetrischen Form benötigen Hochspannungsmasten eine Drehung auf Instanzebene um den Leitungsverlauf korrekt abzubilden.

Prototyp

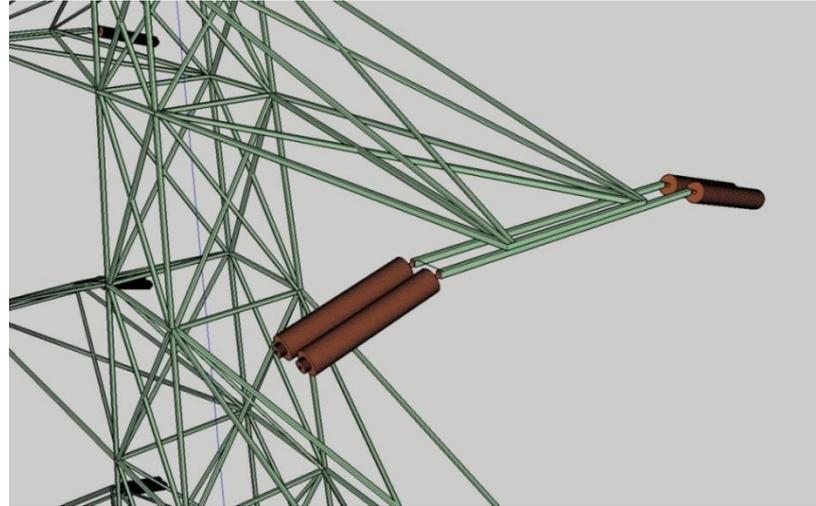
```
<core:cityObjectMember>
<frn:CityFurniture gml:id="">
<frn:lod2ImplicitRepresentation>
<core:ImplicitGeometry>
<core:transformationMatrix>
1.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0 0.0 0.0
0.0 0.0 1.0 0.0
0.0 0.0 0.0 1.0
</core:transformationMatrix>
<core:relativeGMLGeometry>
<gml:MultiSurface gml:id="MultiGMLID_512_259978_368538_815">
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon gml:id="PolyGMLID_606_794085_216006_860">
<gml:exterior>
<gml:LinearRing gml:id="PolyGMLID_606_794085_216006_860_0">
<gml:posList srsDimension="3"> 21.072123105199076 3.6715464971889484 21.23824540399796 21.39015996519278
3.353509637195274 15.410119862890319 21.390159965192765 9.465681923131282 15.410119862890317
21.07212310519907 9.147645063137626 21.23824540399796 21.072123105199076 3.6715464971889484
21.23824540399796</gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
<gml:interior>
<gml:LinearRing gml:id="PolyGMLID_606_794085_216006_860_0">
<gml:posList srsDimension="3"> 21.07611119170843 8.98678971967784 21.165162463719195 21.21757192879238
6.409595780163284 18.572849940953176 21.07611119170844 3.832401840648738 21.165162463719195
21.07611119170843 8.98678971967784 21.165162463719195</gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:interior>
...
```

Instanz

```
...
<core:cityObjectMember>
<frn:CityFurniture gml:id="">
<frn:class codeSpace="http://repository.gdi-
de.org/schemas/adv/citygml/Codelisten/CityFurniture_class.xml">1030</frn:class>
<frn:function codeSpace="http://repository.gdi-
de.org/schemas/adv/citygml/Codelisten/CityFurniture_function.xml">1540</frn:function>
<frn:lod2ImplicitRepresentation>
<core:ImplicitGeometry>
<core:transformationMatrix>
1.0 0.0 0.0 0.0
0.0 1.0 0.0 0.0
0.0 0.0 1.15 0.0
0.0 0.0 0.0 1.0
</core:transformationMatrix>
<core:relativeGMLGeometry xlink:href="#MultiGMLID_512_259978_368538_815"/>
<core:referencePoint>
<gml:Point><gml:pos srsDimension="3">379486.078570360026788 5715810.813239100389183
58.268074121258</gml:pos>
</gml:Point></core:referencePoint>
</core:ImplicitGeometry>
</frn:lod2ImplicitRepresentation>
</frn:CityFurniture>
</core:cityObjectMember>
</core:CityModel>
```



Hochspannungsmast mit Referenzhöhe 65m



Detaillierte Ausgestaltung des Prototypen

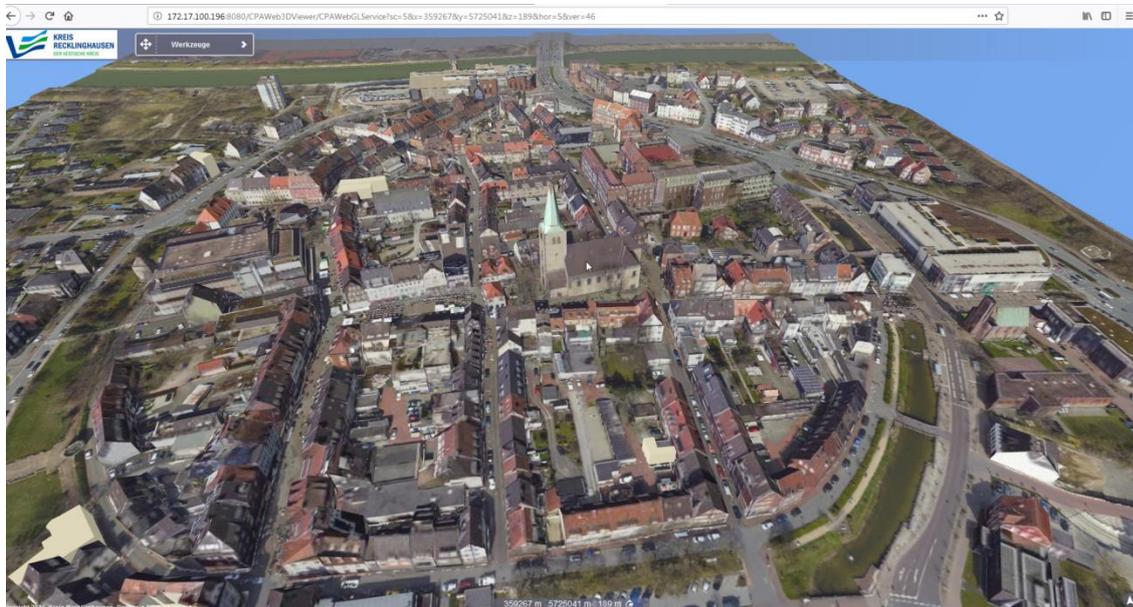


Szene mit Hochspannungsmasten im Kreis Recklinghausen

2. Texturierung

Vorbemerkung

3D-Geobasisdaten können flächendeckend texturiert werden. Dabei werden die Dach- und Wandflächentexturen z.B. aus Vertikal- und Schrägluftbildern erzeugt, mit Texturatlantenteingesen und für Visualisierungen bereitgestellt.



Ausschnitt aus Stadtmodell Kreis Recklinghausen volltexturiert automatisch erstellt aus Schrägluftbildern

Die automatisch erstellten Texturen beinhalten noch z.T. störende Objekte wie Autos, Vegetation, etc. wie sie auf den Schrägluftbildern vor den Fassaden mit aufgenommen wurden. Deshalb und aus Performancegründen wird die Auflösung von Dach- und Wandtexturen niedrig gehalten.

Bei einer Betrachtung aus entsprechender Entfernung ist diese jedoch ausreichend. Für Visualisierungen aus Fußgängerperspektive sind retuschierte oder prototypische Texturen aus terrestrischen Aufnahmen erforderlich.

Appearance

Die Appearance-Eigenschaften können mit vollautomatischen Verfahren erzeugt und neuen Instanzen von Building zugeordnet werden.

Beispiel

Die nachfolgende Appearance-Eigenschaft ist aus Schrägluftbildern erzeugt und den Begrenzungsflächen eines Gebäudes zugeordnet worden.

```
...
<app:appearance>
<app:Appearance>
<app:theme>RhinoCity(TM) automatic oblique and nadir texturing</app:theme>
<app:surfaceDataMember>
<app:ParameterizedTexture>
<app:imageURI>Testgebiet_Appearance/DENW52AL00bBqAgy.jpg</app:imageURI>
<app:textureType>specific</app:textureType>
<app:wrapMode>border</app:wrapMode>
<app:borderColor>0 0 0 1</app:borderColor>
<app:target uri="#UUID_7809d417-cb1a-4c5d-9edb-b10f3d3aba5b">
<app:TexCoordList>
<app:textureCoordinates ring="#UUID_93c0a4f4-5b61-4fa4-a2da-a87e7c229053">0.551720 0.001957 0.660881 0.008390
0.772431 0.014971 0.710100 0.147658 0.542074 0.138056 0.551720 0.001957 </app:textureCoordinates>
</app:TexCoordList>
```

```

</app:target>
<app:target uri="#UUID_9e9d156f-6708-4fde-ba78-46a82177c7d2">
<app:TexCoordList>
<app:textureCoordinates ring="#UUID_4d46ad17-2edd-44db-8d91-9872e81438f7">0.264188 0.227006 0.396491 0.238848
0.449952 0.243624 0.347274 0.331621 0.264188 0.227006 </app:textureCoordinates>
</app:TexCoordList>
</app:target>
...
</app:ParameterizedTexture>
</app:surfaceDataMember>
</app:Appearance>
</app:appearance>

```

Auf diese Begrenzungsfläche eines Gebäudes des Stadtmodells bezieht sich die erzeugte Textur (Dachfläche):

```

...
<bldg:boundedBy>
<bldg:RoofSurface gml:id="UUID_8988192d-8d25-4ebf-800e-a5a7ad4c0172">
<bldg:lod2MultiSurface>
<gml:MultiSurface gml:id="UUID_0b78fe24-57f1-4570-8308-9778f243d696" srsDimension="3">
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon gml:id="UUID_9e9d156f-6708-4fde-ba78-46a82177c7d2">
<gml:exterior>
<gml:LinearRing gml:id="UUID_4d46ad17-2edd-44db-8d91-9872e81438f7">
<gml:posList>374963.335000000020000000 5734043.356999999800000000 49.7760000000000003000
374962.477000000010000000 5734037.208999999800000000 49.7760000000000003000 374962.130000000000000000
5734034.725999999800000000 49.7760000000000003000 374965.153999999800000000 5734038.746000000300000000
54.231000000000002000 374963.335000000020000000 5734043.356999999800000000 49.7760000000000003000
</gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:Polygon>
</gml:surfaceMember>
</gml:MultiSurface>
</bldg:lod2MultiSurface>
</bldg:RoofSurface>
</bldg:boundedBy>
...

```

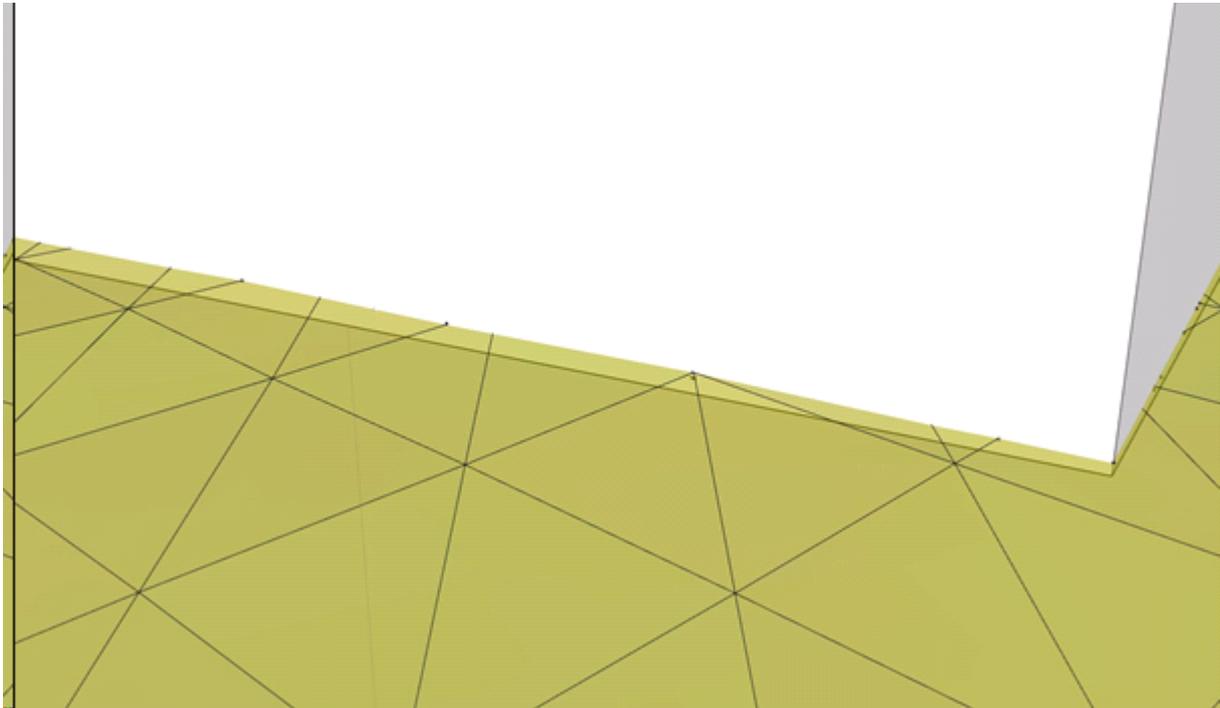
Ausblick

Derzeit werden die Texturen und Appearance-Properties mit Instanzen von Building und BuildingPart sowie den Begrenzungsflächen zusammen ausgeliefert. Dabei bekommen alle Geometrien neue GML-ID's sodass eine Ergänzung von bestehenden Stadtmodellen nicht möglich ist. Die Texturinformationen müssen zusammen mit den um die GML-ID's geänderten Klassen neu importiert werden.

Eine aktuelle Entwicklung hat jetzt zum Ziel bestehende Stadtmodelle um die Texturinformationen zu ergänzen. Der Vorteil ist, dass der Datenbestand nicht neu aufgebaut werden muss. Zwischenzeitliche Fortführungen bleiben erhalten.

3. TerrainIntersectionCurve

Die TerrainIntersectionCurve (TIC) ist die Schnittlinie eines DGM mit dem Gebäude. In der Regel werden Gebäude so mit einem Gelände verschnitten, dass der höchste Punkt der Grundfläche auf dem Gelände liegt. Alle weiteren Punkte der Grundfläche liegen unterhalb des Geländes.



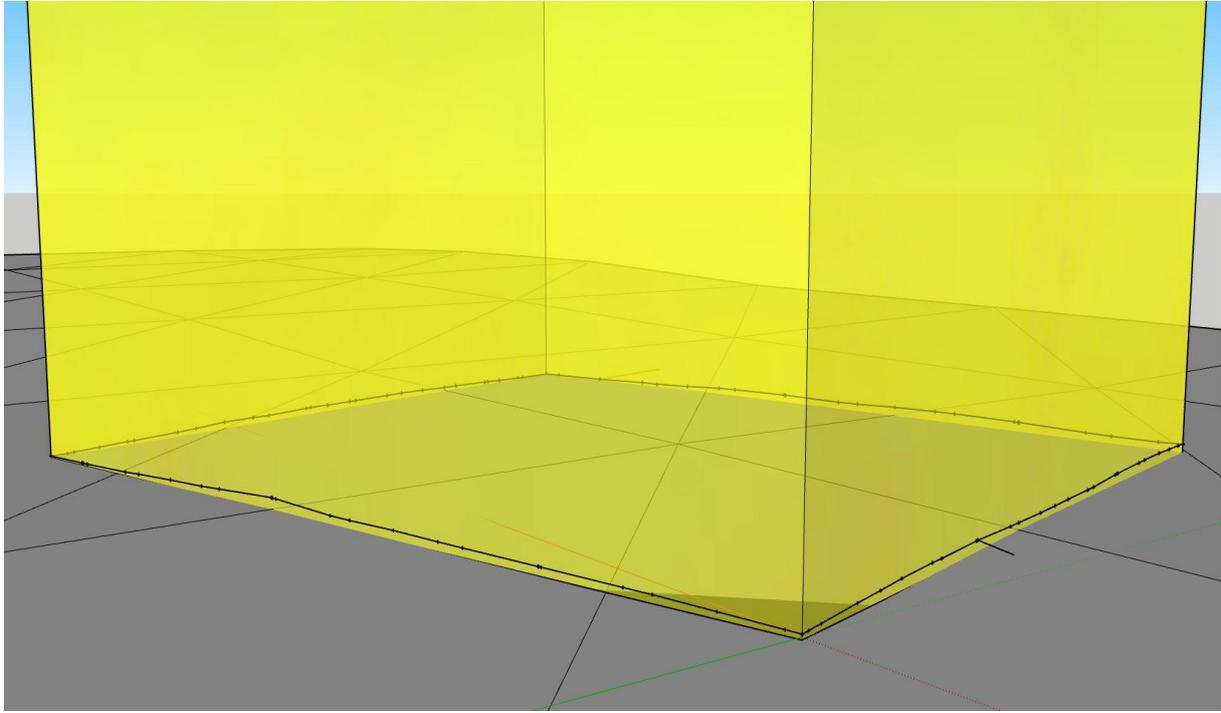
TerrainIntersectionCurve (TIC) aus DGM1

Die TIC wird aus dem am höchsten aufgelösten vorliegenden DGM berechnet und als MultiCurve beim Gebäude gespeichert.

```
...
</bldg:lod1Solid>
<bldg:lod1TerrainIntersection>
  <gml:MultiCurve>
    <gml:curveMember>
      <gml:LineString>
        <gml:pos>381998.659 5721393.365 65.718</gml:pos>
        <gml:pos>381998.74 5721393.74 65.769</gml:pos>
        <gml:pos>381998.796 5721394.0 65.806</gml:pos>
        <gml:pos>381999.0 5721394.944 65.998</gml:pos>
        ...
        <gml:pos>382009.0 5721441.263 66.715</gml:pos>
        <gml:pos>382009.032 5721441.411 66.71</gml:pos>
      </gml:LineString>
    </gml:curveMember>
    <gml:curveMember>
      <gml:LineString>
        <gml:pos>382009.032 5721441.411 66.71</gml:pos>
        <gml:pos>382009.334 5721441.334 66.697</gml:pos>
        <gml:pos>382010.0 5721441.163 66.658</gml:pos>
        ...
        <gml:pos>381998.611 5721393.143 65.688</gml:pos>
        <gml:pos>381998.659 5721393.365 65.718</gml:pos>
      </gml:LineString>
    </gml:curveMember>
  </gml:MultiCurve>
</bldg:lod1TerrainIntersection>
</bldg:lod1Solid>
```

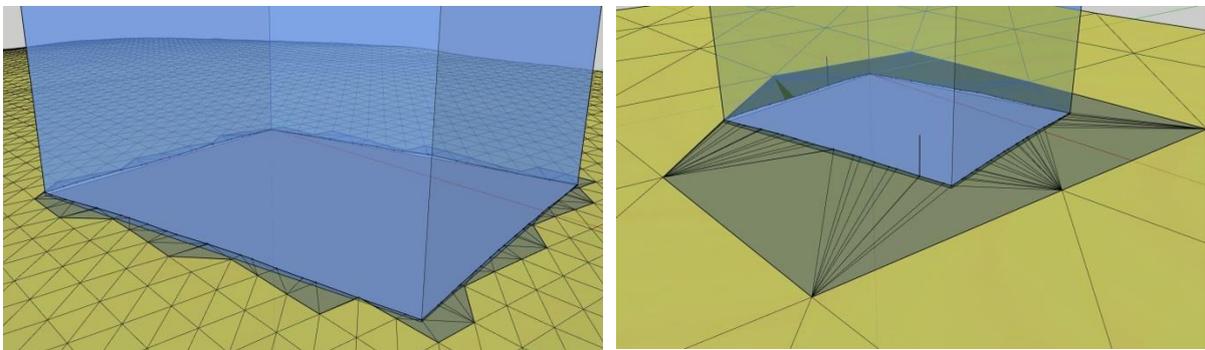
```
</gml:MultiCurve>  
</bldg:lod1TerrainIntersection>
```

Somit bietet diese TIC den optimalen Verschnitt auch bei gröberen Geländeaufösungen.



TerrainIntersectionCurve (TIC) aus DGM1 mit DGM10

Die Integration dieses optimalen Verschnitts erfolgt durch Triangulation der Rasterpunkte größerer DGM mit den TIC als Bruchkanten. Das Ergebnis ist ein Triangulated Irregular Network (TIN) mit optimaler Anpassung der Gebäude. Durch die Nutzung der Bruchkanten aus den TIC steigt die Punktdichte an. Bei großflächigen Visualisierungen ergeben sich jedoch Vorteile (insbes. deutliche Reduktion des erforderlichen Speicherplatzes) durch die geringere Dichte in nicht bebauten Bereichen. Den größten Vorteil bietet die Anwendung im Rahmen von Fortführungen mit kleinräumigen Geländestrukturen. Hier ist es möglich lokal eine deutlich höhere Punktdichte bei sonst grobem DGM zu erfassen.



TerrainIntersectionCurve (TIC) auf der Basis des DGM1 gerechnet. Verschnitt der TIC mit dem DGM10.

Quellen:

[OpenGIS]: Open OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, OGC 08-007r2

[CityGML]: CityGML 2.0 – Ein internationaler Standard für 3D-Stadtmodelle Teil 1: Datenmodell, Marc-O. Löwner, Joachim Benner, Gerhard Gröger, Ulrich Gruber, Karl-Heinz Häfele und Sandra Schlüter

[Foley]: Foley, J., van Dam, A., van Dam, A., van Dam, A., Feiner, S., Hughes, J.: Computer Graphics: Principles and Practice. Addison Wesley, 2nd Ed., 2004.