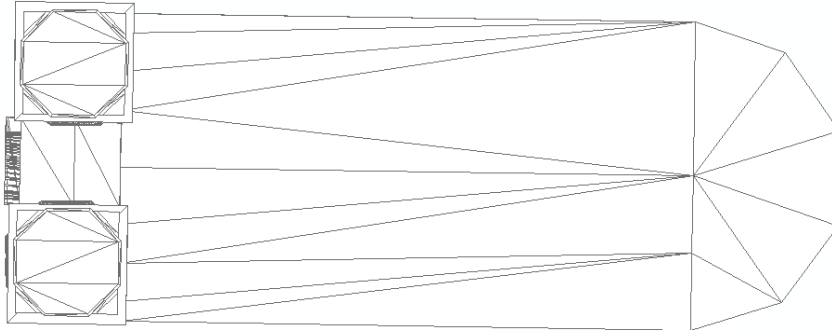


# Regelbasierte Zufallsgenerierung von Gebäudemodellen aus Bebauungsplänen mit der Software CityEngine

## Motivation



**Abbildung 1: 2D Gebäudeumriss**

Ein zweidimensionaler Gebäudeumriss, wie die Abbildung Abbildung 1 zeigt, enthält viele Informationen in Form von Attributen über Höhe, Geschosse, Fassade, bauliche Nutzung, Struktur und Form.

Jedoch erst durch eine dreidimensionale Ansicht erhält der Betrachter die wichtigste aller Informationen – die Beziehungen der Attribute zueinander, sowie räumliche Strukturen und Texturen.

Ein dreidimensionales Gebäudemodell ermöglicht Flächen- Sichtbarkeits- oder Schattenanalysen und ist aus der modernen Stadtplanung nicht mehr wegzudenken.



**Abbildung 2: 3D Gebäudemodell**

Erst jetzt weiß der Betrachter, dass es sich um die Münchner Frauenkirche in Abbildung 2 handelt. Ein dreidimensionales Modell ist für den Nutzer intuitiv. Ein Model, das intuitiv ist, setzt sich durch.

### **Kurzfassung**

Mit dem Hintergrund dieser Motivation soll diese Masterarbeit eine 3D-Modellierung von Gebäuden der Münchner Innenstadt anhand von Regeldefinitionen mit der Software CityEngine der Firma Esri hervorbringen. Dabei soll ein Stadtmodell mit LoD3 erzeugt werden, das verschiedene Dach- und Fenstergeometrien enthält. Es gilt außerdem festzustellen, ob eine Zufallsgenerierung unterschiedlicher Bebauungsszenarien auf Grundlage eines Bebauungsplans mit der Software CityEngine möglich ist.

In deskriptiver Programmiersprache erfolgt eine prozedurale, parametergesteuerte Implementierung von Regeln, die auf die bestehenden Einträge der Attributtabelle der Daten, wie beispielsweise die Gebäudehöhe zugreift und diese auf zweidimensionale Gebäude-Shapefiles anwendet. Dieses attributive Prinzip schafft die Voraussetzung für Gebäudemodellierungen bis zum Level of Detail (LOD) 3.

Die Datengrundlage besteht aus einem digitalen Gelände- und Oberflächenmodell, Orthophotos, Gebäudegrundrissen, Dachflächen-Geometrien und einem Netzwerk der Straßenachsen der Innenstadt München mit einer räumlichen Ausdehnung von drei auf zwei Kilometern, sowie Bebauungsplänen im CAD-Format.

Die Geodatenvorverarbeitung findet in ArcGIS der Firma Esri mit Erweiterungen in Python statt. Formatttransformationen zwischen ArcGIS und CityEngine werden mit der Feature Manipulation Engine (FME) vorgenommen.

Ziel ist die Generierung von Regeln für die Stadt München, Deutschland mit dem vorliegenden Datensatz des städtischen Vermessungsamtes München, auf Grundlage der vorhandenen Testdatensätze Philadelphia, Venedig und New York, sowie die Erstellung einer Simulation einer variablen Bebauung auf der Basis der Festsetzungen eines Bebauungsplans.

Ergebnis dieser Arbeit wird ein prozedurales 3D-Stadtmodell der Altstadt Münchens im LoD 3 mit Fassaden- und Fenstergeometrien, Dachstrukturen und Straßennetzwerke, jedoch ohne Fassadentexturen sein, sowie die Simulation einer möglichen Bebauung auf Grundlage der Festsetzungen des Bebauungsplans. Die Arbeit wird zudem Erkenntnisse liefern, in wie weit das prozedural erzeugte Stadtmodell mit dem bereits vorhandenen Münchner Stadtmodell der Vermessungsverwaltung übereinstimmen.

### **CityEngine**

CityEngine ist eine standalone Software für die Generierung von 3D-Modellen von Gebäuden, Landschaften und Designs aus prozeduralen Regeln. Dabei findet die CGA Shape Grammatik Anwendung, die im oberen Verlauf bereits ausführlich erläutert wurde. Eingangsdaten können, wie in vorliegender Arbeit beschrieben 2D Gebäudeshapes oder Straßennetzwerkdaten sein, aber auch frei gestaltete oder zufällig generierte Grundstrukturen für Gebäude oder Straßen.

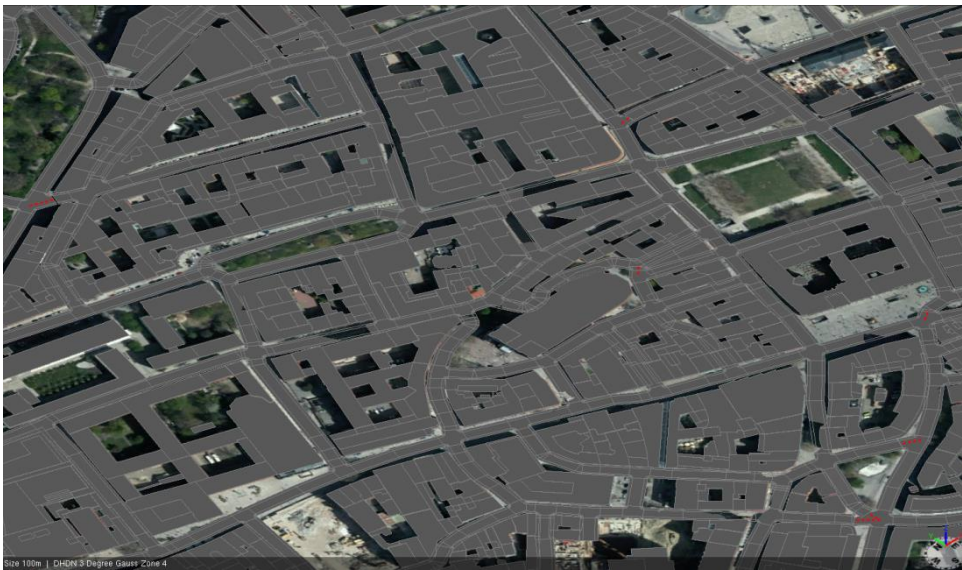
Die Generierung von Stadtmodellen ist folglich mit einem relativ kleinen Geodatensatz möglich und wird basierend auf einer hierarchischen Struktur an Produktionsregeln realisiert. Benutzerabhängig können diese Regeln angepasst werden.

Für GIS Nutzer ist beispielsweise eine regelbasierte und parametergesteuerte Generierung aus GIS Datensätzen zu 3D Gebäudemodellen möglich. Außerdem können unabhängig von Geodatensätzen Designs und Modellierungen frei gestaltet werden. CityEngine verfügt über verschiedenste Import- und Export-Formate, sodass vor und nach einer regelbasierten Generierung eine Vor- bzw. Weiterverarbeitung mit Datenmanagementprogrammen oder Simulationen mit hochauflösender Software stattfinden kann. [Quelle: PRODUCT MANAGEMENT, 2012. Zürich. Gerd van Maren, Esri R&D]

## Ziel

Im Speziellen ist das Ziel dieser Masterarbeit die Implementierung zweier verschiedener prozeduraler Regeln mit der Software CityEngine. Die eine generiert ein Stadtmodell des Inneren Altstadtrings München im LoD 3, das anschließend in Vergleich zu dem bereits bestehenden Stadtmodell der Vermessungsverwaltung München gesetzt wird. Reelle Dächer mit Dachtexturen, Fenstergeometrien, Straßennetzwerke und ein texturiertes Höhenmodell sind Bestandteil des Ergebnisses des Stadtmodells und erfahren durch diese Regel prozedurale Generierung in kürzester Rechenzeit. Abhängig von der Nutzungsart des Gebäudes erhält die Fassade eine bestimmte Farbe.

Die nachstehende Abbildung zeigt die zweidimensionalen Eingangsdaten.



Die nächste Abbildung hingegen zeigt ein 3D Modell der näheren Umgebung von Frauenkirche und Rathaus von München in automatisch prozeduraler Generierung auf Basis der Datengrundlage.

Die beiden Modelle Frauenkirche und Rathaus wurden als „Landmarks“ zusätzlich als Objekt in das Modell integriert, da sie als Sehenswürdigkeiten nicht mit einer prozeduralen Regel für Gebäude real dargestellt werden können.



Die zweite Regel hingegen generiert eine Zufallssimulation der maximal möglichen Bebauung eines räumlich beschränkten Baugebiets auf Grundlage eines Bebauungsplans. Dabei sollen die minimal einzuhaltenden Freiflächen zufällig und möglichst variabel als rekursive Funktion auf die Flurstücke gleicher Nutzungsart verteilt werden. Die Rahmenbedingungen des Bebauungsplanes dienen als Richtlinien der Modellierung und müssen eingehalten werden. Informationen sollen in Form von Attributen überwiegend aus den bestehenden Attributtabelle der Daten in der CityEngine abgegriffen werden.

Dies soll am Beispiel der Luisenhöfe in München nahe dem Hauptbahnhof gezeigt werden. Die nächste Abbildung veranschaulicht eine dynamische Bebauung, bei der das maximal bebaubare Volumen per Klick in verschiedensten Positionen und Formen simuliert.

