

Studienarbeiten am ifp

***Béatrice Appenzeller***

## **Virtuelle Stadtmodelle als Landmarken für die visuelle Navigation**

Dauer der Arbeit: 3 Monate

Abschluss: Juli 2010

Dr.-Ing. Jan Böhm

### **Motivation**

Diese Studienarbeit befasst sich mit der Thematik der Positionsbestimmung. Dafür werden mit einer Nikon D2X Kamera verschiedene markante Testgebäude aufgenommen. Daher ist insbesondere der Kamerastandpunkt von Bedeutung, welcher nicht mittels GPS oder anderen Positionierungsmethoden, sondern mittels dreidimensionaler Objekterkennung anhand eines virtuellen Stadtmodells der Stadt Stuttgart festgelegt wird. Die dreidimensionale Objekterkennung unterliegt einer modifizierten generalisierten Hough-Transformation, welche mit der Software HALCON Version 9.0.1 der Firma MVTec durchgeführt wird. Diese Arbeit erläutert die Vorgehensweise der Objekterkennung mit den Operatoren dieser Software, beginnend bei der Aufarbeitung des 3D-Stadtmodells, über die Kalibrierung der Kamera außerhalb der Programmierumgebung, bis hin zum endgültigen Standpunkt in Gauß-Krüger Koordinaten. Mit diesem auf wenige Meter genauen Standpunkt ist es einem Nutzer möglich, in einer Stadt ohne GPS-Gerät zu navigieren. Als Referenz dienen Messungen in einem Orthophoto der Stadt Stuttgart, welches eine Auflösung von 20cm aufweist. Die aus dem Algorithmus stammenden Gauß-Krüger Koordinaten werden mit den Referenz-Koordinaten verglichen und geometrisch und statistisch untersucht.

### **Ergebnisse**

Nach Einbinden der Kalibrierparameter verläuft die Suche des Objektmodells im aufgenommenen Suchbild in den meisten Fällen erfolgreich. Zudem ist die Dauer der Suche mit ein bis zwei Sekunden sehr kurz und damit positiv.

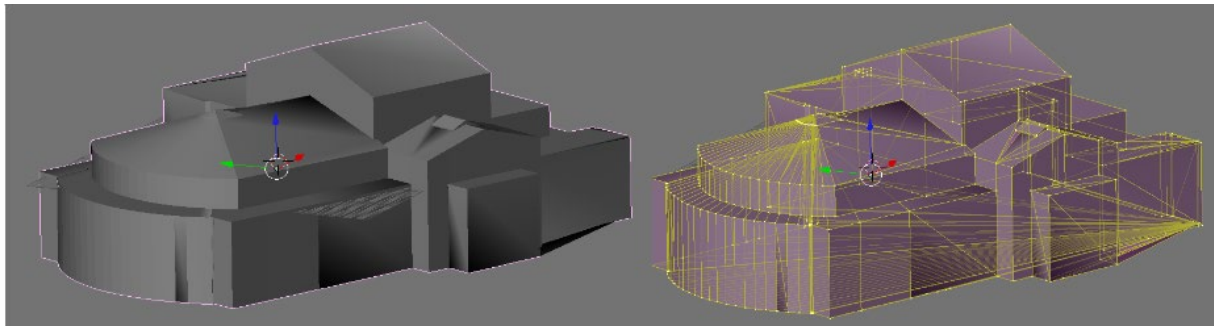


Abbildung 1: 3D-Modell der Staatsoper Stuttgart

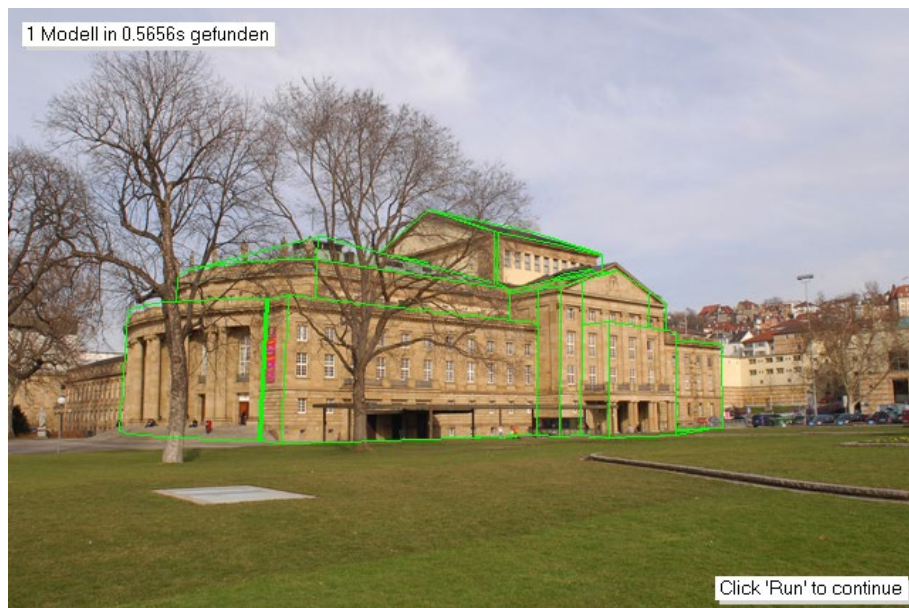


Abbildung 2: Erfolgreiches Matching

Die mittlere Abweichung aller erfolgreich verlaufenen Matchings zwischen Ist- und Sollstandpunkt beträgt 11,35m und ist für eine nicht mit GPS-gestützte Navigation akzeptabel. Die Erzeugung der Formmodelle nimmt zwar viel Zeit in Anspruch, sind diese aber einmal vorhanden, werden die Objekte in einer bis zwei Sekunden im Bild wieder gefunden. Mit dieser Rechenzeit kann die Anwendung in Echtzeit eingesetzt werden. Ebenso sprechen die gezeigte Robustheit gegen Verdeckungen und unvollständig abgebildeten Gebäuden im Suchbild für einen Einsatz dieses Suchalgorithmus.

Ein beeindruckendes Ergebnis liefert die Objekterkennung in Bildern, in denen das gesuchte Gebäude nur teilweise sichtbar ist oder beispielsweise von Vegetation stark verdeckt ist:

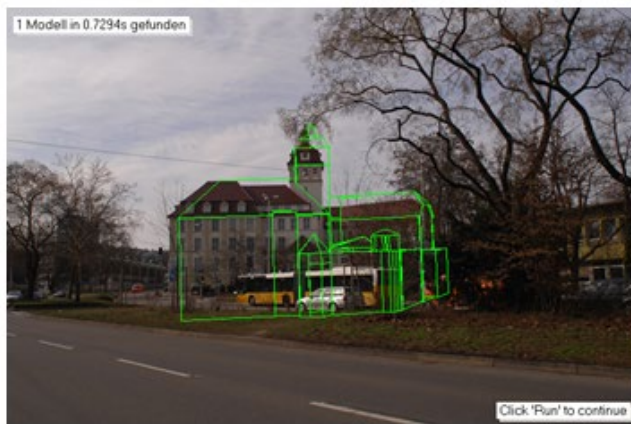


Abbildung 3: Matching trotz vieler Störobjekte

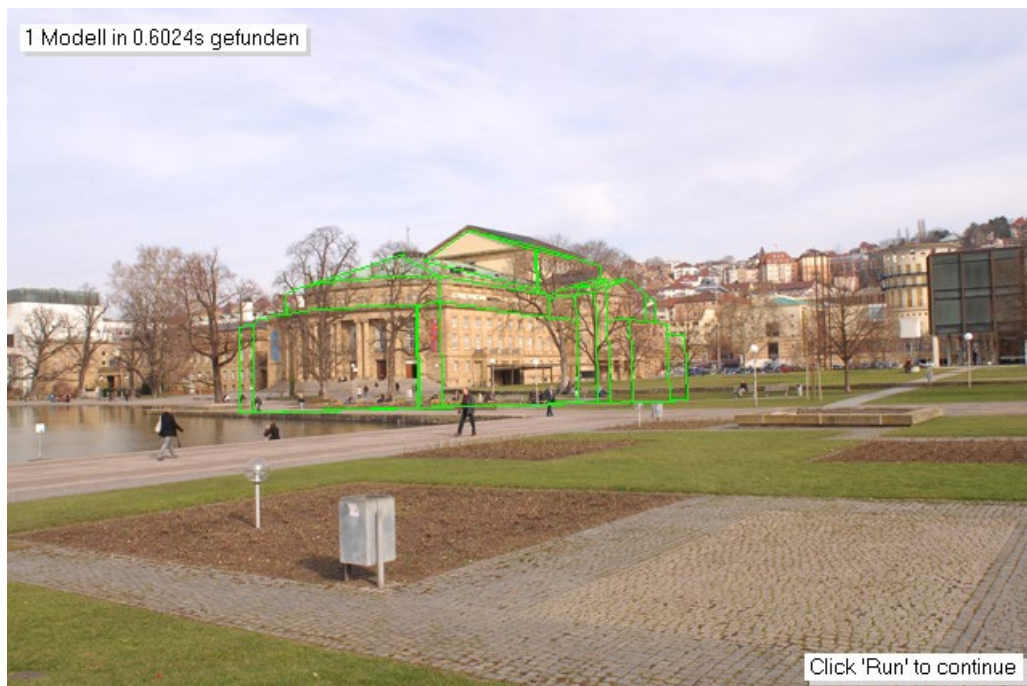


Abbildung 4: Erfolgreiche Objekterkennung

Allerdings müssen viele Einflussfaktoren während der Suche manuell eingestellt und gegebenenfalls verändert werden, was eine Automatisierung der Objekterkennung erschwert. Zudem werden nicht alle Modelle fehlerfrei zugeordnet, so dass Abweichungen bis zu 20m zum Soll-Standpunkt auftreten. Es gibt Methoden, die eine direkte 3D zu 2D-Objekterkennung ermöglichen. Die ansichtenbasierte Objekterkennung funktioniert allerdings nach einem anderen Prinzip: verschiedene 2D-Darstellungen, die sogenannten Ansichten, werden von einem 3D-Objektmodell erzeugt, um später im Suchbild gefunden werden zu können. Die Erzeugung der Ansichten nimmt sehr viel Rechenzeit und vor allem Speicher in Anspruch. Während der Suche werden diese nicht erzeugt, da eine Suche in Echtzeit dadurch unmöglich würde. Die Generierung der Ansichten wird aus diesem Grund vorher durchgeführt.

## Fazit

Die Objekterkennung ist sehr individuell auf das jeweilige Gebäude anzupassen. Das bedeutet, dass eine automatische Anwendung dieses Suchalgorithmus nicht einsetzbar wäre, da zu viele Parameter manuell eingestellt werden müssen, um ein perfektes Ergebnis zu erzeugen. Zudem ist es wichtig, dass ein realitätsnahes Modell des gesuchten Objekts vorliegt, da das Matching sonst schneller fehlerhaft verlaufen kann. Die Suche erfolgte in manchen Beispielen, in welchen ein korrektes Matching erwartet wurde, fehlerhaft und bei schwierigen Bildern wiederum einwandfrei. Die Erkennung der Objekte erfolgt also nicht immer einwandfrei, jedoch überwiegt eine zuverlässige Zuordnung. Von 101 untersuchten Matchings verliefen 71 erfolgreich.

Es stellt sich nun die Frage, ob diese Art der Navigation zukünftige Anwendung findet. Aufgrund der großen Datenmenge eines kompletten Stadtmodells und der langen Berechnungszeit der Suche, wenn ein bestimmtes Gebäude unter vielen verschiedenen Gebäuden gesucht wird, lässt sich der Schluss ziehen, dass eine Navigation mittels eines GPS-Geräts noch zu bevorzugen ist. Sucht man ausschließlich ein ganz bestimmtes Gebäude und hat zuvor die möglichen Ansichten generiert, ist dieses Prinzip erfolgsversprechend. Dass allerdings eine zuverlässige Navigation mit einem virtuellen Stadtmodell theoretisch möglich ist, wurde in dieser Arbeit gezeigt.