

GIS-Datenanforderungen für Stadtentwicklungssimulationen?

Christian Mikovits

Arbeitsbereich Umwelttechnik, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck · christian.mikovits@uibk.ac.at

Short paper

Zusammenfassung

Diese Arbeit stellt ein neu entwickeltes Stadtentwicklungsmodell vor. Dieses legt einen Fokus auf möglichst einfachen Einsatz und Integration in weiterführenden Modellen, speziell im Umweltbereich. Zum Vergleich wird ein etabliertes Stadtsimulationsmodell in Hinblick auf die Datenanforderungen herangezogen. Der Datenbedarf unterscheidet sich dabei erheblich und auch der erforderliche Zeitaufwand für einen erfolgreichen Modelllauf divergiert. Im Zuge des Vergleichs wird dabei beispielsweise auf die Integration mit einem hydrodynamischen Modell aus dem Abwasserbereich eingegangen. Besonderer Wert wird dabei auf die benötigte zeitliche und räumliche Auflösung für diese Integration gelegt, besonders im Hinblick auf den Aufwand des Einsatzes für Planungs- und Ingenieurbüros.

1 Einleitung

Bevölkerungswachstum und Stadtentwicklung, speziell die Versiegelung von permeablen Oberflächen, belasten die städtische Wasserinfrastruktur und können zu Problemen in der Ableitung von Abwässern und sogar zu Überflutungen führen (SEMADENI-DAVIES et al. 2008). Besonders der Anschluss von Neubaugebieten an das bestehende Kanalsystem kann dabei zuvor nicht betroffene Gebiete einem Überflutungsrisiko aussetzen (ASHLEY et al. 2005).

In den letzten Dekaden wurden zahlreiche (Computer) Modelle entwickelt um Städteplaner und Entscheidungsträger zu unterstützen. Diese Arbeit stellt zwei verschiedene Modelle zur Stadtentwicklungssimulationen unter besonderer Berücksichtigung auf den Einsatz im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft, vor. Dazu werden die beiden Modelle verglichen und beschrieben. „UrbanSim“ ist ein etabliertes, komplexes und vielfach eingesetztes Modell und wurde an der Universität Berkeley entwickelt (WADDELL 2002). Das Zweite wurde im Zuge des Projektes „DynAlp – Dynamic Adaptation of Urban Water Infrastructure for Sustainable City Development in an Alpine Environment“ am Institut für Infrastruktur der Universität Innsbruck erstellt (MIKOVITS et al. 2014a). Die Anforderung an Eingangsdaten unterscheidet sich zwischen diesen Modellen signifikant. Deshalb wurde neben dem direkten Vergleich der Resultate ein indirekter Vergleich angestrebt, um die Auswirkungen einer Kopplung an eine hydrodynamische Kanalnetzsimulation zu erfassen. Dies erlaubt Rückschlüsse auf die notwendigen temporalen und räumlichen Auflösungen der Daten und stellt daher wichtige Informationen für den Einsatz in Planungsbüros dar.

2 Methoden

2.1 UrbanSIM

UrbanSim ist eine offene Stadtentwicklungsplattform welches aus einer Anzahl an Modellen besteht um eine Entwicklung bis auf die Ebene einzelner Haushalte. Um verwertbare Ergebnisse zu erhalten, sind eine hohe Qualität der Eingangsdaten und robuste Modellparameter unumgänglich. Durch den hohen Detailgrad fallen zur Simulation einer mittelgroßen Stadt bereits mehrere Gigabyte an Eingangsdaten als auch Simulationsdaten an. Daher wird auch die Benutzung einer Geodatenbank (zum Beispiel PostgreSQL mit PostGIS Erweiterung) zum Einsatz von UrbanSim empfohlen. Dadurch wird sowohl die Verwaltung der Daten erleichtert, als auch die Geschwindigkeit der Simulation erhöht (WADDELL et al. 2008). Die Simulation selbst besteht aus der Interaktion einzelner Modelle hin zu einem „dynamisches Equilibrium“. Die eingesetzten Modelle inkludieren dabei ein Verkehrsmodell, ein Arbeitsmarktmodell oder auch den Immobilienmarkt.

In dieser Arbeit wird UrbanSim im zweithöchsten Detailgrad, der Parzelle, eingesetzt um die städtische Entwicklung zu simulieren. 15 Pflichtdatensätze (zum Beispiel Parzellen, Gebäude) sind hierfür notwendig, etwa 10 weitere (Ethnie, Städte in der Umgebung) können optional hinzugefügt werden. Dabei werden von der Simulation für jede vorhandene Parzelle etwa 40 Attribute (Einkommen, Anzahl der Personen, Wert der Parzelle, Altersverteilung, Arbeitsplatzstandorte der Bewohner, ...) gefordert. Die Bereitstellung dieser Informationen ist sowohl zeitaufwendig, als auch aus Datenschutzgründen teilweise unmöglich oder nur in wesentlich schlechterer Auflösung realisierbar.

2.2 DynAlp-UrbanDevel

Softwarearchitektur

Für die Modellentwicklung wurde dabei auf das ebenfalls an der Universität Innsbruck entwickelte Simulationsframework „DynaMind“ (URICH et al. 2012) zurückgegriffen. Diese Open Source (GPL) Software erlaubt es, Module zu einem Workflow zu verbinden, wobei es dabei möglich ist, direkt auf GIS Daten zuzugreifen und diese weiterzuverarbeiten. Die Module werden dabei wahlweise in C++ oder Python geschrieben. Wie bereits erwähnt das Modell ist auf eine möglichst geringe Menge an Eingangsdaten ausgelegt. Diese werden dann in einem dynamischen Entwicklungszyklus weiterverarbeitet und, wenn gewünscht, eine ganze Ergebnisschar generiert (MIKOVITS et al. 2014b).

Der Fokus der Arbeit liegt dabei auf der Beschreibung der Arbeitsweise des DynAlp-urban-devel Modells, da dieses relativ leicht in Betrieb genommen werden kann und auch mit offen verfügbaren Daten, zum Beispiel OpenStreetMap, funktioniert und auf sensible Daten, beispielsweise Einkommensdaten, verzichtet.

Trotz der geringen Menge an benötigten Eingangsdaten (vgl. Tab. 1) liefert dieses Modell die benötigten Ergebnisse um in der Siedlungswasserwirtschaft eingesetzt werden zu können, dazu gehören unter anderem die Gebäudehöhen und damit die Bevölkerungsdichte, aber auch die versiegelte Fläche.

Tabelle 1: Benötigte Eingangsdaten für das DynAlp-urbandevl Model. M steht für verpflichtende, O für optionale Daten

	Name	Form	Attribute			
			Entwicklungsjahr	Flächentyp	Einwohner	Höhe
verpflichtend	CITY	Punkt			M	
	SUPERBLOCK	Polygon	O	O		O
optional	CITYBLOCK	Polygon				
	BUILDING	Polygon			M	M

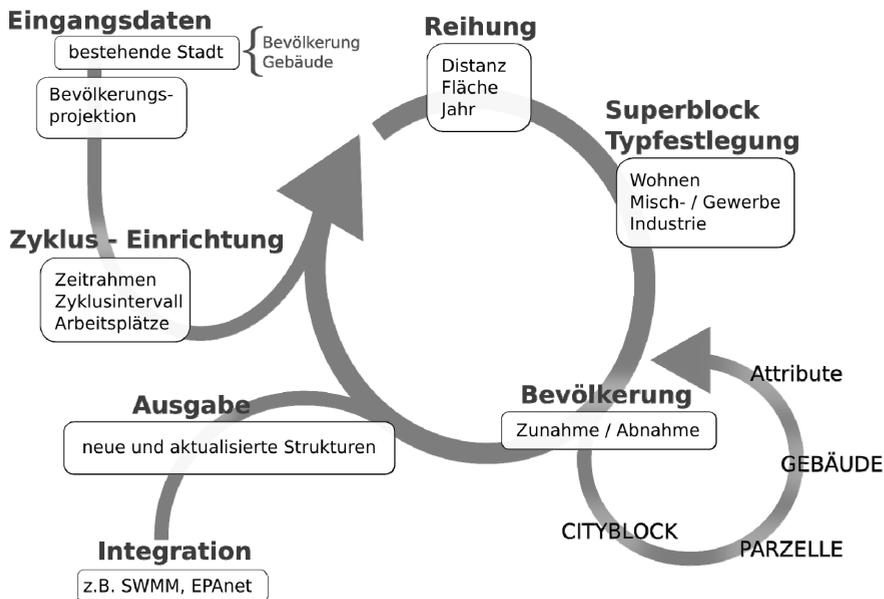


Abb. 1: Zyklus der dynamischen Stadtentwicklungssimulation

Abbildung 1 zeigt den gesamten dynamischen Entwicklungszyklus. Nachdem die Eingabe abgeschlossen wurde, muss der Zyklus selbst eingerichtet werden. Das bedeutet die Definition des Zeitrahmens (Start- und Endjahr), der Zeitschrittweite (ein oder mehrere Jahre), aber auch die Definition des Anteiles an Arbeitsplätzen in Prozent pro Bevölkerungszuwachs. Im Modell werden die damit berechneten Arbeitsplätze und Einwohner dazu verwendet, um Gebäude der entsprechenden Kategorien zu generieren.

Mit einem rudimentären Modul können weitere Parameter für die erstellten Gebäude und Flächen berechnet werden. Dies kann beispielsweise die Größe der versiegelten Fläche basierend auf der von der Simulation erstellten Gebäudefläche sein, der Trockenwetterabfluss ermittelt aus der Einwohneranzahl oder auch wie in Regelblatt 11 (ÖWAV 2009) festgelegt für die Gewerbe- und Industrieflächen.

Nach dem Abschluss eines Kreislaufes können auf Wunsch die vorhandenen Daten exportiert werden, oder auch ohne Ausgabe zur nächsten Periode übergegangen werden.

Szenario Definition

Es hat sich gezeigt, dass eine Kalibrierung von Modellen zur Landnutzung und Stadtentwicklung nur bedingt möglich ist. Auch die Übertragung von Kalibrierungsmethoden ist schwierig (AKIN et al. 2014, SILVA & CLARKE 2002). Wachstum und Änderungen einer Stadt unterliegen vielen verschiedenen Einflüssen, wie zum Beispiel die Wirtschaftslage, Ein- und Auswanderung oder politische Entscheidungen. Daher ist eine zuverlässige Prognose kaum möglich. Vor allem Detailentscheidungen für zukünftige Besiedlungen unterliegen dabei subjektiven Entscheidungen von Planern und Beteiligten. Wohingegen den Modellen eine Nachbildung von historischem Stadtwachstum möglich ist, ist eine zuverlässige und genaue Prognose für die Zukunft sehr unwahrscheinlich. Daher ist eine Multi-Szenario-Analyse der Stadtentwicklung der beste Weg um mit Unsicherheiten zukünftiger Situationen umzugehen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Eine Momentaufnahme und Gegenüberstellung der Stadtentwicklungssimulations-Ergebnisse findet sich in Abbildung 2, in Zahlen gefasst in Tabelle 2. Die Unterschiede in den dabei errechneten versiegelten Flächen sind dabei marginal. Die räumliche Aufteilung erfolgt bei beiden Modellen aufgrund unterschiedlicher Eingangsdaten und Parameter abweichend, wesentlich ist jedoch das Fehlen eines generierten Straßennetzwerkes bei UrbaSIM. Hier ist es notwendig, auf Basis der berechneten Parzellen dies nachträglich zu extrahieren. Gravierende Unterschiede stellen jedoch die für einen Simulationslauf benötigten Arbeitszeiten dar. Während bei DynAlp-urbandevl schon wenige Tage ausreichen, um verwertbare Ergebnisse zu generieren, sind aufgrund der immensen Datenanforderungen und Komplexität von UrbanSim mehrere Wochen notwendig, im Falle größerer Städte und Ballungszentren auch Monate.

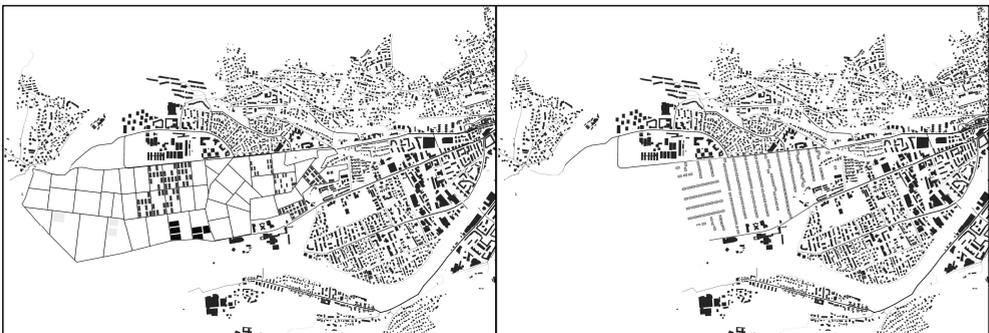


Abb. 2: Resultate der Stadtentwicklung:
links das Modell DynAlp-urbandevl, rechts UrbanSim

Tabelle 2: Ergebnisse der Stadtentwicklungsmodelle

	UrbanSim	DA-urbandevel
Versiegelte Fläche	20.4 ha	22.6 ha
Straßennetzwerk		x
Verbindung zu existierenden Modellen	(x)	x
Arbeitszeit	Wochen	Tage

Besonders im Bereich des Ingenieurwesens und bei kleinräumigen Planungen ist es oft von Vorteil zu wissen, wie zukünftige Entwicklungen im städtischen Bereich aussehen können, ohne dafür jedoch Wochen oder Monate in das Aufsetzen einer Stadtentwicklungssimulation investieren zu müssen oder können. Dabei ist es ebenfalls von Vorteil und in vielen Fällen auch notwendig verschiedene Szenarien in Betracht zu ziehen. Diese Szenariengenerierung wird in DynAlp-urbandevel durch marginale Anpassungen in den Eingangsdaten einfach ermöglicht. Dies bietet proaktive Möglichkeiten zur Adaption von Netzwerken oder Planungen und kann durch gezielte Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen Risiken in der Zukunft minimieren.

Literatur

- AKIN, A., CLARKE, K. C. & BERBEROGLU, S. (2014), The impact of historical exclusion on the calibration of the SLEUTH urban growth model. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 27, 156-168.
- ASHLEY, R. M., BALMFORTH, D. J., SAUL, A. J. & BLANSKBY, J. D. (2005), Flooding in the future – predicting climate change, risks and responses in urban areas. *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research*, 52 (5), 265-273.
- MIKOVITS, C., RAUCH, W. & KLEIDORFER, M. (2014a), Dynamics in urban development, population growth and their influences on urban water infrastructure. *Procedia Engineering*, 70, 1147-1156.
- MIKOVITS, C., RAUCH, W. & KLEIDORFER, M. (2014b), A dynamic urban development model designed for purposes in the field of urban water management. *Journal of Hydroinformatics*. 1-21.
- ÖWAV (2009), ÖWAV Regelblatt 11 Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen.
- SEMADENI-DAVIES, A., HERNEBRING, C., SVENSSON, G. & GUSTAFSSON, L. G. (2008), The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. *Journal of Hydrology*, 350 (1-2), 100-113.
- SILVA, E. A. & CLARKE, K. C. (2002), Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26 (6), 525-552.
- URICH, C., BURGER, G., MAIR, M. & RAUCH, W. (2012), DynaMind – A software tool for integrated modelling of urban environments and their infrastructure.

- WADDELL, P. (2002), UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning. *Journal of the American Planning Association*, 3 (3), 297-314.
- WADDELL, P., WANG, L. & LIU, X. (2008), UrbanSim: An Evolving Planning Support System for Evolving Communities. In: GEERTMAN, S. & STILLWELL, J. (Eds.), *Planning Support Systems*, 103-138.