

# Modell zur Prognose der Ausbreitung von Siedlungen im Bereich urbaner Zentren

Daniel BOGNER & Karin BARTL

Daniel Bogner, DI Karin Bartl, Bogner&Golob OEG, Büro für Ökologie und Landwirtschaft, Kranzmayerstrasse 61 F/1, 9020 Klagenfurt, [bgolob@carinthia.com](mailto:bgolob@carinthia.com)

## 1 EINLEITUNG

Das Büro Bogner & Golob arbeitet im Auftrag des BMBWK seit 1998 an einem internationalen Projekt mit dem Titel "Virtuelles Projekt - Urbanisierung". Das Projekt findet in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern aus aller Welt überwiegend im Internet statt (<http://business.carinthia.com/bgolob/virp/virphome.html>). Schwerpunkt des Projektes ist das Thema "Urbanisation als räumlicher Prozess".

An Hand der Stadtregion Innsbruck wurde ein **GIS Simulationsmodell** entwickelt, das Zukunftsszenarien der Ausbreitung von Siedlungen berechnet. Die Prognose des Siedlungswachstums basiert auf der Analyse der Veränderungen im Stadt-Land-Gefüge in der Zeit von 1971 bis 1991. In diesem Zeitraum beobachtete Trends werden linear bis 2010 fortgesetzt. Parameter, die das Siedlungswachstum bestimmen, wie zum Beispiel das Bevölkerungswachstum, die Pendlerströme und die Veränderung der Arbeitsplätze sind im Modell miteinander verknüpft. Verschiedene Zukunftsszenarien des Siedlungswachstums können durch Veränderung dieser Parameter berechnet werden.

Vorhandene Modelle mit ähnlichen Zielsetzungen (*Loibl 2000, Clarke 2000*) wurden bei der Bearbeitung des Modells berücksichtigt. Das GIS Simulationsmodell wurde neben Innsbruck auch auf die Beispielsregion Linz angewendet. Sydney ist in Bearbeitung.

Im vorliegenden Artikel wird die Funktionsweise des Modells beschrieben und die Ergebnisse hinsichtlich ihrer Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis diskutiert. Die hier gezeigten Beispielskarten stellen die Region Linz/OÖ dar.

## 2 ANFORDERUNGEN AN DAS GIS SIMULATIONSMODELL

Das GIS Simulationsmodell gibt Auskunft über den künftigen Flächenverbrauch innerhalb einer Stadtregion. An das Modell wurden folgende Anforderungen gestellt:

- ?? Es soll räumliche Zusammenhänge quantitativ darstellen.
- ?? Es soll mit wenigen und leicht verfügbaren Parametern arbeiten.
- ?? Es soll auf unterschiedliche Stadtregionen anwendbar sein.
- ?? Es soll als Instrument in der Raum- und Stadtplanung einsetzbar sein.

## 3 VERWENDETE DATEN

### 3.1 Demographische Daten

Bevölkerung 1971 und 1991 auf Gemeindeebene  
Einpendler und Auspendler 1971 und 1991 auf Gemeindeebene  
Gebäudeanzahl 1991 auf Siedlungsebene  
Arbeitsplätze 1971 und 1991 auf Gemeindeebene

### 3.2 Räumliche Daten

Gemeindegrenzen (70er und 90er Jahre)  
Siedlungsgrenzen (90er Jahre)  
Dauersiedlungsraumgrenzen  
Verkehrsrouten (Bundesstrassen, Landesstrassen)  
Gewässer

## 4 FUNKTIONSWEISE DES GIS SIMULATIONSMODELLS

Das Siedlungswachstum wird vom Bevölkerungswachstum und von wirtschaftlichen Faktoren bestimmt. Ein bedeutender Faktor sind unter anderem die zur Verfügung stehenden Arbeitsplätze in einer Region. Diese konzentrieren sich meist auf wenige **regionale Wirtschaftszentren**, die die Entwicklung einer ganzen Region entscheidend beeinflussen.

Als erster Schritt in der Entwicklung des Simulationsmodells wurden die regionalen Wirtschaftszentren in der Beispielsregion bestimmt. Die Auswahl dieser Zentren erfolgte über den sog. "**Arbeitsplätze/Bevölkerungs**"-Index. Dieser Index ergibt sich aus der Division der „absoluten Veränderung der Arbeitsplätze von 1970 bis 1990“ durch die „absolute Veränderung der Bevölkerung 1970 bis 1990“. Die Berechnung wurde für jede Gemeinde des Untersuchungsgebietes durchgeführt. Das Ergebnis gibt an, wie weit die Entwicklung von Arbeitsplätzen und Bevölkerung in jeder einzelnen Gemeinde auseinanderliegt. Ist der "Arbeitsplätze/Bevölkerungs"-Index hoch, so ist das Bevölkerungswachstum hinter der Entwicklung der Arbeitsplätze zurückgeblieben und es stehen theoretisch freie Arbeitsplätze für die Bevölkerung der Nachbargemeinden zur Verfügung. Umgekehrt gilt, dass wenn der "Arbeitsplätze/Bevölkerungs"-Index niedrig ist, das Wachstum der Arbeitsplätze mit dem der Bevölkerung nicht mithalten konnte und ein Teil der Bewohner der Gemeinde in Nachbargemeinden auspendeln muss. Man kann sagen, dass je höher der "Arbeitsplätze/Bevölkerungs"-Index einer Gemeinde ist, umso höher ist der Einfluss dieser Gemeinde auf andere Gemeinden in der Umgebung.

Eine manuelle Überprüfung und Korrektur der durch die Berechnung des Index gewählten Gemeinden ist notwendig, da sehr niedrige absolute Werte der Arbeitsplätze- und bevölkerungsentwicklung das Ergebnis verzerren (Abb.1).

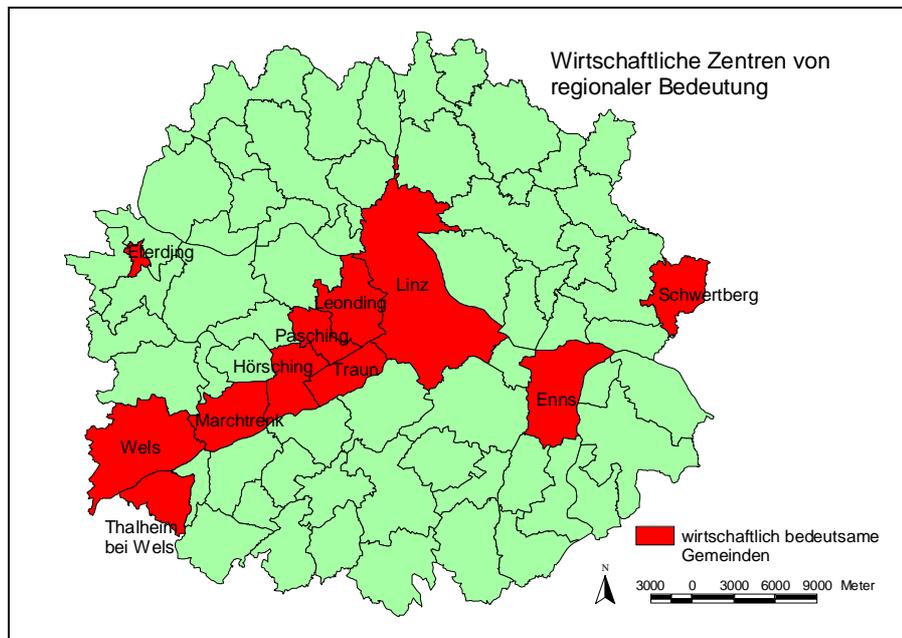


Abb.1: regionale Wirtschaftszentren der Region Linz/OÖ

Die gewählten regionalen Wirtschaftszentren beeinflussen die Entwicklung der Gemeinden der Region indem eine Veränderung der Arbeitsplätze in einem der gewählten regionalen Wirtschaftszentren zu einer Veränderung der Bevölkerung in den umliegenden Gemeinden führt.

Um diese Zusammenhänge quantifizieren zu können, wurde zuerst angenommen, dass jede Änderung der Bevölkerungszahlen in einer Gemeinde auf eine Veränderung der Arbeitsplätze in einem regionalen Wirtschaftszentrum zurückzuführen ist. Diese Annahme wurde anschließend mit der Anzahl der Erwerbstätigen, die tatsächlich von der Gemeinde in das jeweilige regionale Wirtschaftszentrum pendeln, gewichtet. Das heisst, dass für Gemeinden, von denen viele Erwerbstätige in das regionale Wirtschaftszentrum pendeln, der Faktor "Veränderung der Bevölkerung in der Gemeinde/Veränderung der Arbeitsplätze im Wirtschaftszentrum" stark gewichtet wird. Für Gemeinden, deren Hauptziel der Pendler woanders liegt, wird der Faktor nur schwach gewichtet. Diese Berechnung wurde für jedes gewählte Zentrum und alle Gemeinden durchgeführt (Abb.2). Je höher der errechnete Wert ist, umso größer ist die Abhängigkeit der Gemeinde vom jeweiligen Zentrum.

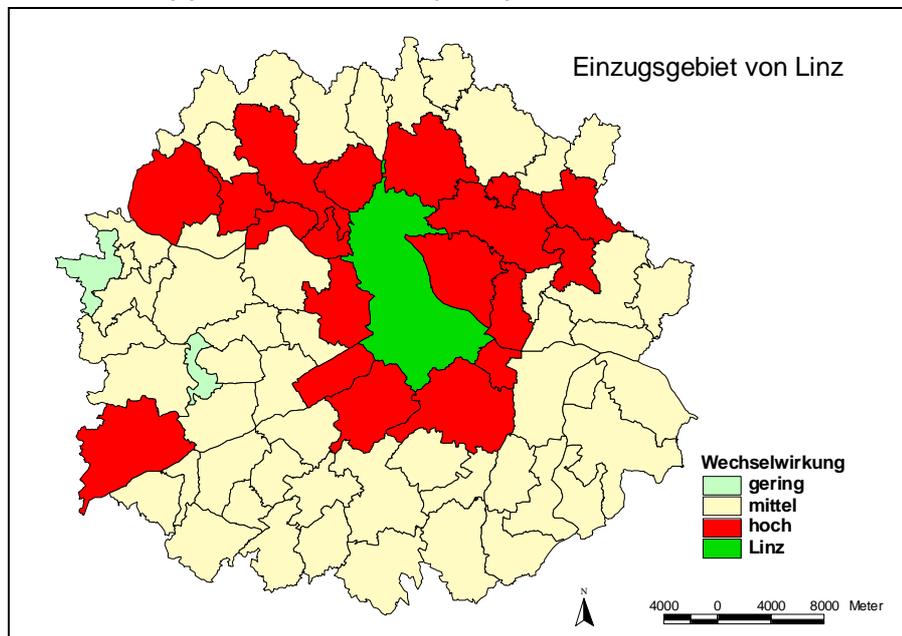


Abb.2: Das Einzugsgebiet von Linz, klassifiziert nach dem Ausmaß der Wechselwirkungen zwischen Linz und den Gemeinden des Untersuchungsgebietes

Als nächstes wurden die Auswirkungen der Veränderungen der Arbeitsplätze und der Bevölkerung auf die verbaute Fläche einer Gemeinde bestimmt. Dazu wurden zwei lineare Regressionen, die die quantitative Beziehung zwischen der Veränderung von Bevölkerung und von Gebäuden und zwischen der Veränderung von Arbeitsplätzen und von Gebäuden im Zeitraum von 1971 bis 1991 darstellen berechnet (Abb. 3 und 4).

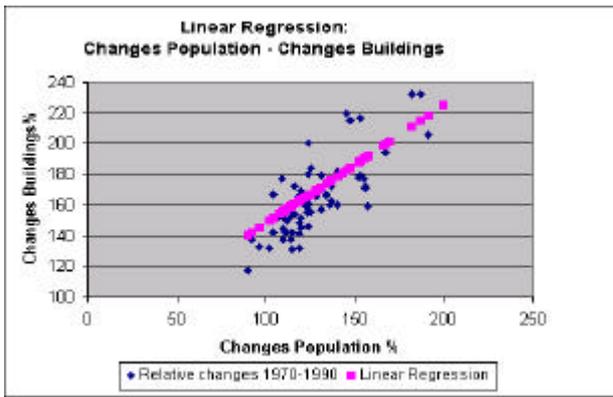


Abb.3: Veränderung von Bevölkerung und von Gebäuden von 1971 bis 1991

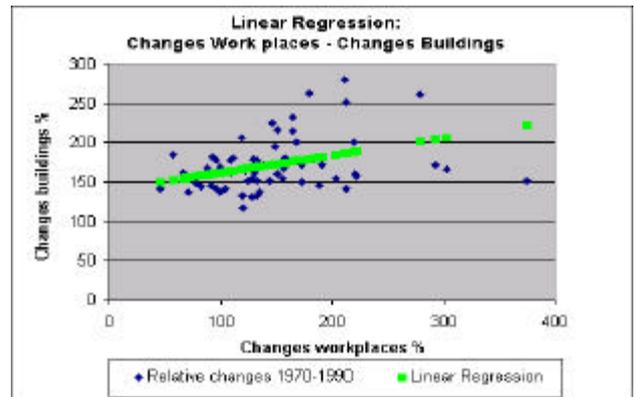


Abb.4: Veränderung von Arbeitsplätzen und von Gebäuden von 1971 bis 1991

Unter zuhelfenahme beider Regressionen wurde der Zuwachs an Gebäuden für jede Gemeinde geschätzt.

Im nächsten Schritt wurden die Bereiche, wo das Siedlungswachstum stattfindet, bestimmt. Analysen der Situation im Beispielsgebiet Innsbruck haben ergeben, dass das Siedlungswachstum eng an bestehende Siedlungen und an das bestehende Verkehrsnetz gebunden ist. Bis zu einem Abstand von ungefähr 100 Metern von bestehenden Siedlungen und Strassen ist die Bautätigkeit am höchsten. Mit steigender Entfernung sinkt die Wahrscheinlichkeit für das Entstehen neuer Siedlungen stark ab. Strassen, die das Entstehen von neuen Siedlungen fördern, sind Landes- und Bundesstrassen. Autobahnen haben keinen vergleichbaren Effekt. Mit Hilfe eines Raster-GIS wurden diese Funktionen abgebildet und das Siedlungswachstum verortet.

### 5 PROGNOSE DER SIEDLUNGSENTWICKLUNG FÜR DAS JAHR 2010

Die Aufgabe des Modells ist die Schätzung und Darstellung zukünftigen Siedlungswachstums. Dazu wird der beobachtete Trend der Veränderung der Arbeitsplätze linear bis 2010 fortgesetzt. Auch die in der Zeitperiode 1971 bis 1991 festgestellten Zusammenhänge zwischen Arbeitsplätzen in regionalen Wirtschaftszentren und der Bevölkerungsentwicklung in umliegenden Gemeinden werden für die Zeitperiode 1991 bis 2010 übernommen. Von der Veränderung der Arbeitsplätze in den Zentren wird auf eine Veränderung der Bevölkerung in den umliegenden Gemeinden geschlossen und aus dieser wird wiederum die Zunahme der verbauten Flächen für jede Gemeinde bis ins Jahr 2010 geschätzt. Die Lage der prognostizierten Siedlungen wird bestimmt von der Nähe zu bestehenden Siedlungen und Verkehrsrouten (Abb. 5).

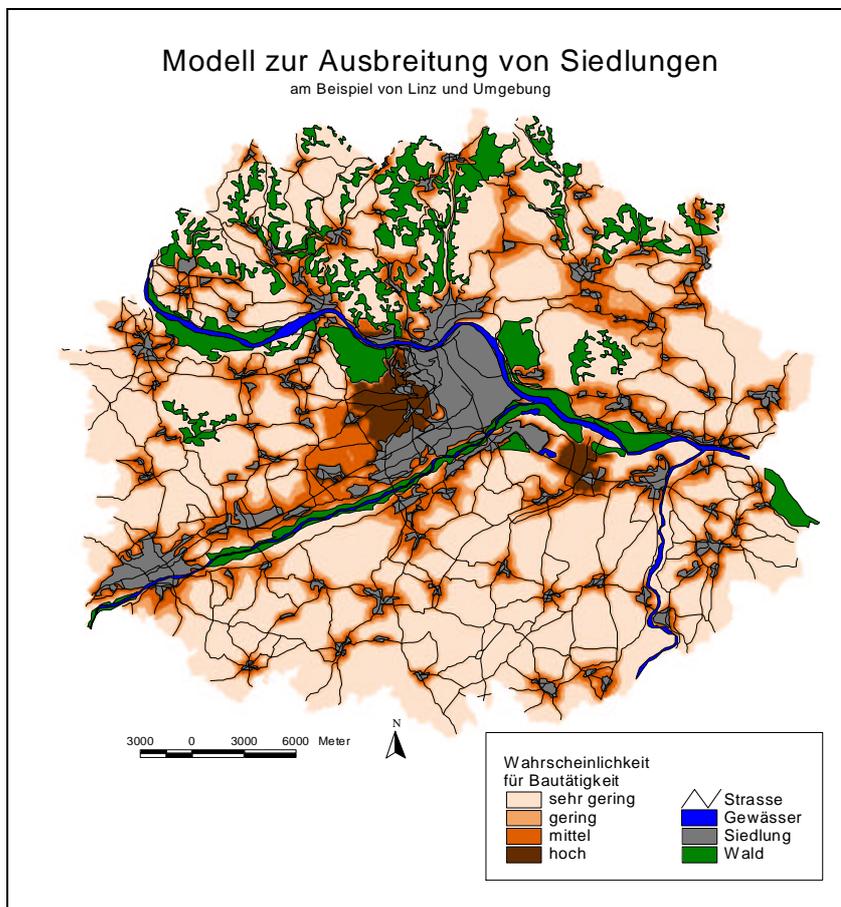


Abb.5: Simulation der Siedlungsausbreitung bis 2010 in der Beispielsregion Linz und Umgebung

Die Veränderung bestimmter Parameter ermöglicht die Simulation zukünftigen Siedlungswachstums, wie es unter veränderten Bedingungen stattfinden würde.

Parameter, auf die Einfluss genommen werden kann sind

- ?? die Entwicklung der Arbeitsplätze,
- ?? die Beziehung zwischen regionalen Wirtschaftszentren und den umliegenden Gemeinden und
- ?? der Einfluss von bestehenden Siedlungen und Strassen auf zukünftige Bautätigkeiten.

## 6 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse stellen den Bebauungsdruck auf die offenen Flächen dar und weisen Bereiche aus, in denen Handlungsbedarf der Raum- und Stadtplanung gegeben ist. Bei den Ergebnissen handelt es sich somit nicht um die genaue Ausweisung von Flächen, die bis 2010 bebaut sein werden, sondern nur um die Darstellung von Bereichen, in denen die Nachfrage nach Bauland sehr groß sein wird.

Eine Weiterentwicklung des Simulationsmodells soll durch die Berücksichtigung weiterer Parameter zu einer Verfeinerung der Ergebnisse führen. Bis zum derzeitigen Entwicklungsstand des Modells wurde angenommen, dass das Wachstum von Siedlungen ausschließlich von der Bevölkerung und den Arbeitsplätzen in einer Region bestimmt wird. Diese Annahme stellt aber ein stark vereinfachtes und nicht realistisches Bild der wirklichen Situation dar. Deshalb müssen weitere wichtige Parameter wie

- ?? die Verfügbarkeit von Bauland,
- ?? der Bodenpreis,
- ?? die Attraktivität der Lage und
- ?? bestehende Planungsgrundlagen berücksichtigt werden.

Die Anwendungsgebiete des Simulationsmodells in der Praxis liegen in der Raum- und Stadtplanung als Instrument zur Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen und zum Aufzeigen von Bereichen mit Aktionsbedarf.

So können mit Hilfe des Modells zum Beispiel die räumlichen Auswirkungen der Schaffung von neuen Gewerbebezonen simuliert werden. Diese können als Entscheidungsgrundlage für die Auswahl des geeignetsten Standortes herangezogen werden. In diesem Fall würde man praktisch folgendermaßen vorgehen:

Der Benutzer verändert die Anzahl der Arbeitsplätze eines vorgeschlagenen Standortes. Das Modell, das aus den Arbeitsplätzen eines Zentrums auf die Bevölkerung der umgebenden Gemeinden schließt, steigert dort den Bevölkerungszuwachs. Daraus wiederum resultiert eine Zunahme der verbauten Fläche in diesen Gemeinden. Man kann diesen Vorgang für alle vorgeschlagenen Industriestandorte wiederholen und alle möglichen, aus der Schaffung von Arbeitsplätzen resultierenden räumlichen Veränderungen simulieren und einander gegenüberstellen. Auf diese Weise schafft man nachvollziehbare Entscheidungsgrundlagen.

## 7 LITERATUR

Loibl, W. 2000: Modellierung der Siedlungsdynamik mit einem GIS-basierten Zellularen Automaten – Konzeption, GIS-Integration und erste Ergebnisse. In: Strobl, J. & Blaschke, T. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium, Salzburg 2000.

Project Gigaopolis – The Clarke Urban Growth Model. <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/model.htm>