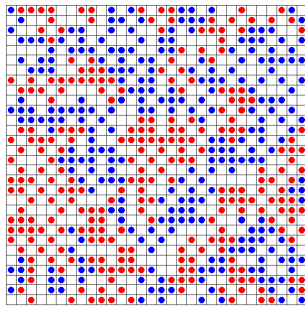


Modelle in der Raumplanung II

Klaus Spiekermann
Michael Wegener

9
Automaten
und Agenten
16. Juni 2009



Lehrveranstaltung "Modelle in der Raumplanung" Sommer 2009

Zelluläre Automaten

Zelluläre Automaten sind **Objekte** in Zeit und Raum, deren **Zustand** ("state") sich in Abhängigkeit von den Zuständen der **benachbarten Objekte** verändert.

Zelluläre Automaten werden meistens als **quadratische, dreieckige** oder **sechseckige Rasterzellen** dargestellt.

Welche Zellen als **benachbart** gelten, wird in Form von **Nachbarschaften** festgelegt.

Veränderungen des Zustands der einzelnen Zellen werden durch **Regeln** bestimmt.

Die **Regeln** geben die **Wahrscheinlichkeit** an, dass eine Zelle von einem Zustand in einen anderen übergeht.

3

Deterministische Übergangsregeln

Deterministische Übergangsregeln legen fest, unter welchen Bedingungen eine Zelle auf jeden Fall ihren Zustand wechselt.

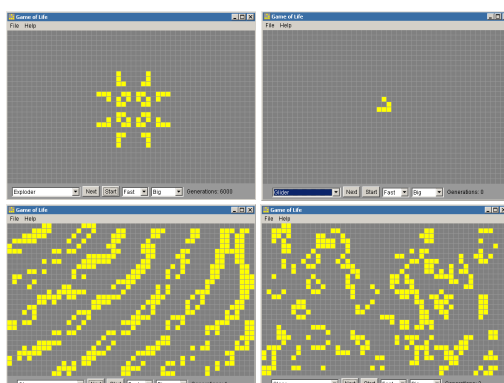
CA-Modelle mit deterministischen Übergangsregeln haben bei jedem Lauf das gleiche Ergebnis.

Beispiel:

Das 1970 von dem britischen Mathematiker John Conway veröffentlichte **Game of Life** simuliert die Entwicklung von Bevölkerungen als Funktion von Isolation oder Überbevölkerung.

5

Game of Life



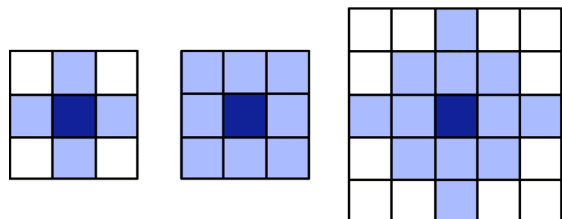
7



Zelluläre Automaten

Nachbarschaften

Es gibt verschiedene Formen von **Nachbarschaften**:



von Neumann

Moore

Moore von Neumann

4

Game of Life

Das Programm **<gol>** von Edwin Martin (2004) implementiert Conways *Game of Life* für Windows. Das Freeware-Programm kann von <http://www.bitstorm.org/gameoflife/> heruntergeladen werden.



Regeln:

- Eine Zelle ist entweder tot oder lebendig.
- Eine tote Zelle wird lebendig, wenn sie an genau **drei** lebendige Zellen grenzt.
- Eine lebendige Zelle bleibt lebendig, wenn sie an **zwei** oder **drei** lebendige Zellen grenzt, sonst stirbt sie wegen Isolation oder Überbevölkerung.

6

Probabilistische Übergangsregeln (1)

Probabilistische Übergangsregeln legen fest, mit welcher **Wahrscheinlichkeit** eine Zelle in einen anderen Zustand übergeht, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind.

CA-Modelle mit probabilistischen Übergangsregeln können bei jedem Lauf ein anderes Ergebnis haben (*stochastische Variation*).

Beispiel:

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine unbebaute Zelle bebaut wird, ist eine Funktion der Zahl der schon bebauten Nachbarzellen:

$$\text{Für alle } D_{ij} = 0: \quad p(D_{ij} > 0) = \frac{1}{8} \sum_{k \neq i} \sum_{l \neq j} D_{kl}$$

8

Probabilistische Übergangsregeln (2)

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Zelle in einen anderen Zustand übergeht, kann auch als binomiales Logitmodell formuliert werden (vgl. 4. Vorlesung, Folie 14):

$$p_{ij}(a \rightarrow b) = \frac{1}{1 + \exp[\beta(u_{ij}^b - u_{ij}^a)]}$$

Nutzen von b Nutzen von a

mit dem Nutzen als einer Funktion der Eigenschaften der Zelle ij einschließlich ihrer Nachbarzellen:

$$u_{ij} = f(x_{ij}^1, x_{ij}^2, \dots, x_{ij}^n)$$

9

Land Use Scanner

Der Land Use Scanner ist ein CA-Modell der Flächennutzung in den Niederlanden mit einer Rasterzellengröße von 500 x 500 m.

Das CA-Modell übersetzt die Flächennutzungsansprüche eines Regionalentwicklungsmodells für NUTS3-Regionen in Prognosen der kleinräumigen Flächennutzungsentwicklung auf Rasterzellenebene.

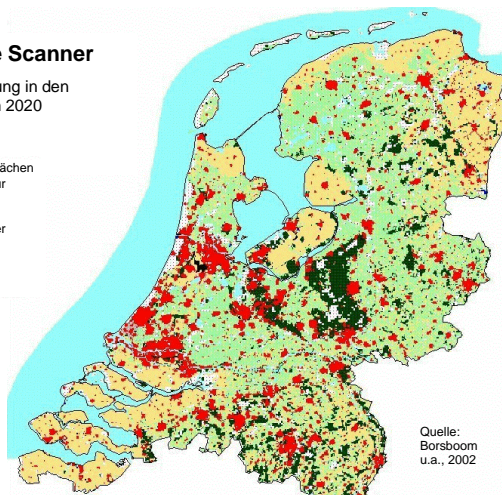
Dabei berücksichtigt das Modell die Standortanforderungen jeder Nutzungsart und etwaige Flächennutzungsbeschränkungen in den Rasterzellen.

11

Land Use Scanner

Flächennutzung in den Niederlanden 2020

- Bebaute Flächen
- Infrastruktur
- Weideland
- Ackerbau
- Treibhäuser
- Freiraum
- Wald
- Wasser
- Sonstiges



13

Environment Explorer

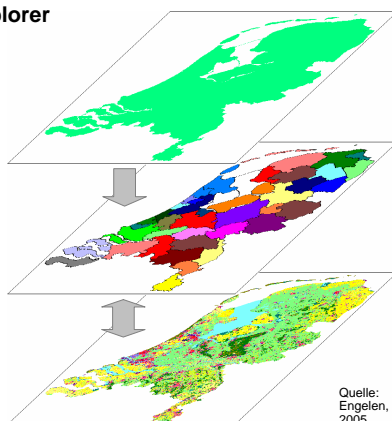
National
Niederlande in der EU



Regional
40 NUTS3-Regionen



Lokal
351000 Zellen
500 x 500 m



15

Beispiele für CA-Modelle in der Raumplanung

Land Use Scanner

Die Verteilung des Flächennutzungsbedarfs der einzelnen Nutzungen auf die Rasterzellen erfolgt mit einem multinomialen Logitmodell (Kuhlmann u.a., 2005):

$$p_{ij}^a = \frac{\exp(\beta s_{ij}^a)}{\sum_a \exp(\beta s_{ij}^a)}$$

Eignung der Zelle ij für Nutzung a

Die Eignung einer Zelle für eine Nutzung ist eine Funktion der bestehenden Flächennutzung der natürlichen Eignung, der Lage und etwaiger Flächennutzungsrestriktionen.

12

Environment Explorer

Der Environment Explorer ist ein CA-Modell der Flächennutzung in den Niederlanden mit einer Rasterzellengröße von 500 x 500 m.

Das CA-Modell übersetzt die Flächennutzungsansprüche eines Regionalentwicklungsmodells für NUTS3-Regionen in Prognosen der kleinräumigen Flächennutzungsentwicklung.

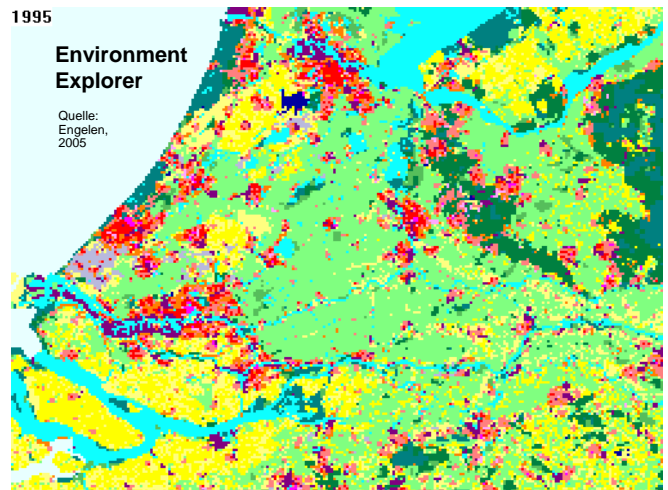
Umgekehrt liefert das CA-Modell Informationen über das Flächenangebot und Flächennutzungsbeschränkungen in den Regionen an das Regionalmodell.

14

1995

Environment Explorer

Quelle: Engelen, 2005



Agenten

Agenten

Agenten sind "mobile Zellen", d.h. Objekte, die nicht auf eine Zelle fixiert sind, sondern sich zwischen den Zellen **bewegen** können. Agenten sind ...

- ... **reaktiv** – sie reagieren auf ihre Umwelt,
- ... **autonom** – sie verfolgen ihre eigenen Interessen,
- ... **kommunikativ** – sie interagieren mit anderen Agenten,
- ... **lernfähig** – sie können ihr Verhalten anpassen,
- ... **flexibel** – ihr Verhalten ist nicht festgelegt,
- ... **individuell** – sie haben persönliche Präferenzen.

Modelle, in denen das Verhalten mehrerer Agenten simuliert wird, werden **Multiagentenmodelle** genannt.

18

Multiagentenmodelle

Beispiele für **Multiagentenmodelle** in der Raumplanung:

- Modellierung von **Fußgängerströmen**
- **Verkehrsverhalten** von Individuen
- **Einkaufsverhalten** von Haushalten
- Standortwahl von **Einzelhandelsbetrieben**
- Standortwahl von **Unternehmen**
- Standortwahl von **Haushalten**
- **Demographische** Prozesse
- **Siedlungsentwicklung**

Mit zunehmender Ausweitung des Anwendungsbereichs von **Multiagentenmodellen** nähern sie sich immer mehr **Mikrosimulationsmodellen** (siehe nächste Woche).

19

Modellbeispiel: Räumliche Diffusion

Räumliche Diffusion (Hägerstrand, 1968)

Das Programm **<Diffusion>** demonstriert das Modell der **räumlichen Diffusion** von Hägerstrand (1968) als Mikrosimulation in einer hypothetischen Landschaft von 11x11 Rasterzellen (vgl. 3. Vorlesung im Wintersemester).

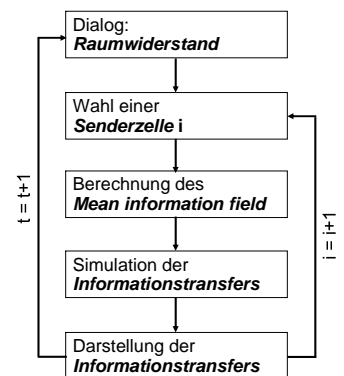
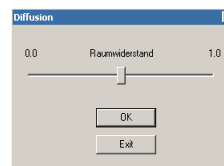
In jeder Zeiteinheit berechnet das Modell die **Wahrscheinlichkeit**, dass die Information von einem **Sender** an einen **Empfänger** weitergegeben wird und simuliert die **Informationstransfers** als **Funktion der Wahrscheinlichkeit** mit Hilfe eines **Zufallszahlengenerators**.

Als **Politikvariable** kann der **Raumwiderstand** verringert oder erhöht werden.

21

Räumliche Diffusion (Hägerstrand, 1968)

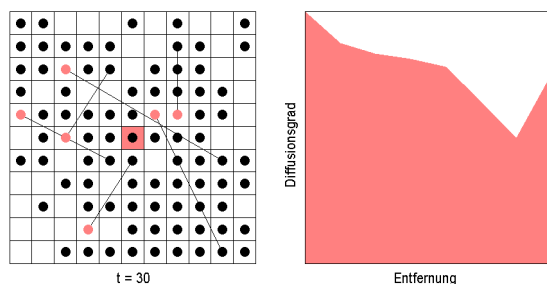
Programm **<Diffusion>**



22

Räumliche Diffusion (Hägerstrand, 1968)

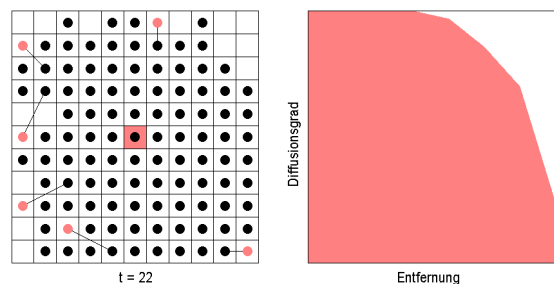
Mikrosimulation der räumlichen Diffusion
(Raumwiderstand niedrig)



23

Räumliche Diffusion (Hägerstrand, 1968)

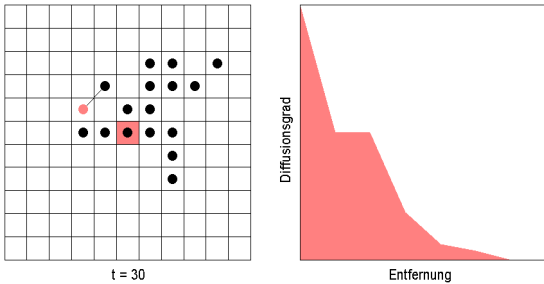
Mikrosimulation der räumlichen Diffusion
(Raumwiderstand mittel)



24

Räumliche Diffusion (Hägerstrand, 1968)

Mikrosimulation der räumlichen Diffusion
(Raumwiderstand hoch)

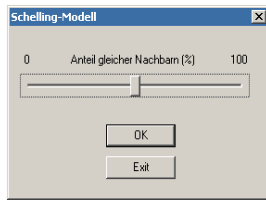


25

Räumliche Segregation (Schelling, 1978)

Das Programm <Schelling> simuliert die in "Micromotives and Macrobehaviour" von Thomas C. Schelling (1978) beschriebene Bildung sozial segregierter Stadtteile.

Bei Vorgabe verschiedener Grade von Segregationsverhalten ergeben sich unterschiedlich stark segregierte Siedlungsmuster.

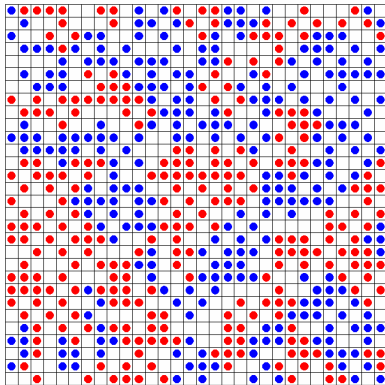


Das vorgestellte Programm beruht auf einem von Rolf Moeckel (2003) entwickelten Entwurf.

27

Räumliche Segregation (Schelling, 1978)

Ergebnis, wenn jeder Haushalt mindestens die Hälfte gleichartige Nachbarn zu haben wünscht.



29

Kritik

Zelluläre Automaten und **Agenten** sind aus den Naturwissenschaften auf Raumprozesse übertragene Konzepte. Sie erlauben **einfache Modelle**, die leicht auf der **Rasterdarstellung** geographischer Informationssysteme aufgebaut werden können.

CA-Modelle modellieren lediglich **fixierte Raumobjekte** und keine **Akteure**. Sie sind zur Abbildung von menschlichem **Wahlverhalten** und von **Interaktionen** zwischen Akteuren wenig geeignet.

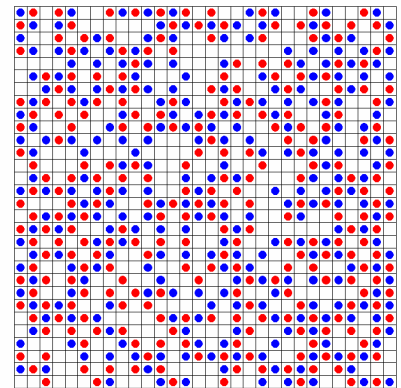
Multiagentenmodelle haben das Potential zur Abbildung hierzu. Der Unterschied zwischen ihnen und **Mikrosimulationsmodellen** (siehe nächste Woche) wird geringer.

31



Räumliche Segregation (Schelling, 1978)

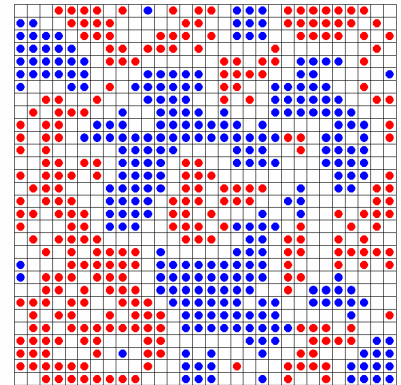
Nicht segregierte Ausgangssituation



28

Räumliche Segregation (Schelling, 1978)

Ergebnis, wenn jeder Haushalt mindestens drei Viertel gleiche Nachbarn zu haben wünscht.



30

Weitere Informationen

Schelling, T.C. (1978): *Micromotives and Macrobehavior*. New York/ London: W.W. Norton & Company (ZB).
 Batty, M., Xie, Y. (1994): From cells to cities. *Environment and Planning B: Planning and Design* 21, S31-S48 (BR).
 Batty, M. (2005): *Cities and Complexity. Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals*. Cambridge, MA: MIT Press (BR).
 LUMOS Consortium (2008): The *Land Use Scanner*. <http://www.lumos.info/landusescanner.htm>.
 LUMOS Consortium (2008): *Environment Explorer*. <http://www.lumos.info/environmentexplorer.htm>.
 Nagel, K., Koll-Schretzenmayr, M. (2007): Multiagenten-Simulation in der Raumplanung. *disp* 3/2007, 3-8. <http://www.nsl.ethz.ch/index.php/content/download/1546/9164/file/>.

32