

Zelluläre Automaten

SoSe 2011

LS Sozialwissenschaftliche Methodenlehre und Sozialstatistik

C. Dudel

Bisher

- Leslie-Modell: Makro
- Galton-Watson-Prozess: Mikro
- Multilevel-Modelle: Mikro-Makro, Top-Down

Worum geht's?

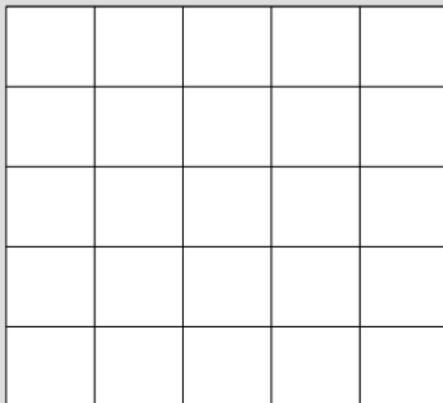
Zelluläre Automaten

- Bottom-Up Ansatz
- Räumliche Komponente zusätzlich zu zeitlicher

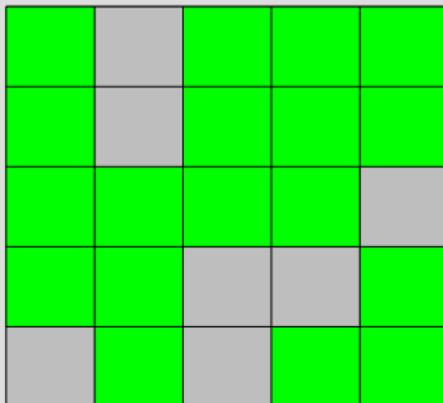
Zelluläre Automaten I

- rechteckige Zellen, die nebeneinander angeordnet sind
- jede Zelle hat (im einfachsten Fall) einen der Werte 0 oder 1

Zelluläre Automaten II



Zelluläre Automaten III



Grün=1, Grau=0

Zelluläre Automaten IV

Zellen wechseln ihren Zustand in Abhängigkeit der Zustände der Nachbarn, genauer:

- Diskrete Zeitachse $t = 0, 1, \dots$
- Der Wert einer Zelle (0 oder 1) zu $t + 1$ hängt ab von:
 - 1 dem Zustand zu t
 - 2 den Zuständen der Nachbarzellen zu t

Zelluläre Automaten IV

Zellen wechseln ihren Zustand in Abhängigkeit der Zustände der Nachbarn, genauer:

- Diskrete Zeitachse $t = 0, 1, \dots$
- Der Wert einer Zelle (0 oder 1) zu $t + 1$ hängt ab von:
 - 1 dem Zustand zu t
 - 2 den Zuständen der Nachbarzellen zu t

Zelluläre Automaten IV

Zellen wechseln ihren Zustand in Abhängigkeit der Zustände der Nachbarn, genauer:

- Diskrete Zeitachse $t = 0, 1, \dots$
- Der Wert einer Zelle (0 oder 1) zu $t + 1$ hängt ab von:
 - 1 dem Zustand zu t
 - 2 den Zuständen der Nachbarzellen zu t

Zelluläre Automaten IV

Zellen wechseln ihren Zustand in Abhängigkeit der Zustände der Nachbarn, genauer:

- Diskrete Zeitachse $t = 0, 1, \dots$
- Der Wert einer Zelle (0 oder 1) zu $t + 1$ hängt ab von:
 - 1 dem Zustand zu t
 - 2 den Zuständen der Nachbarzellen zu t

Zelluläre Automaten IV

Zellen wechseln ihren Zustand in Abhängigkeit der Zustände der Nachbarn, genauer:

- Diskrete Zeitachse $t = 0, 1, \dots$
- Der Wert einer Zelle (0 oder 1) zu $t + 1$ hängt ab von:
 - 1 dem Zustand zu t
 - 2 den Zuständen der Nachbarzellen zu t

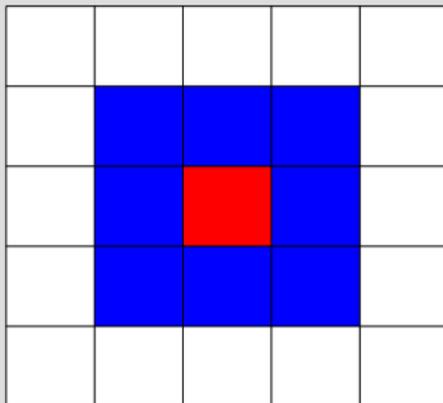
Zelluläre Automaten V

Festgelegt werden muss also

- welche Zellen als Nachbarn einer Zelle gelten
- Regeln für den Zustandswechsel

Nachbarschaften

Diverse Vorschläge, wir verwenden sog.
Moore-Nachbarschaft:



(blau=Nachbar / weiß=kein Nachbar)

Regeln

Orientiert an Conways *game of life*:

- Eine lebende (=1) Zelle stirbt (=0), wenn sie weniger als 2 oder mehr als 3 lebende Nachbarn hat; ansonsten lebt sie weiter
- Eine tote Zelle wird genau dann lebendig, wenn sie exakt 3 lebende Nachbarn hat

Kurzschreibweise:

23/3

Was nun?

Bisher:

- Prozess beschrieben
- Regeln der Veränderung beschrieben

Nun:

- Weitere Parameter wählen
- Programmieren und ausführen
- Ergebnisse betrachten

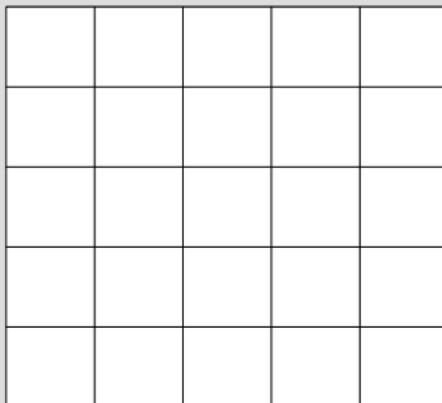
Weitere Parameter

Weitere Parameter?

- Größe und Form des Automaten (Zellularraum)
- Startverteilung der Zustände (bspw. zufällig)

Zellularraum

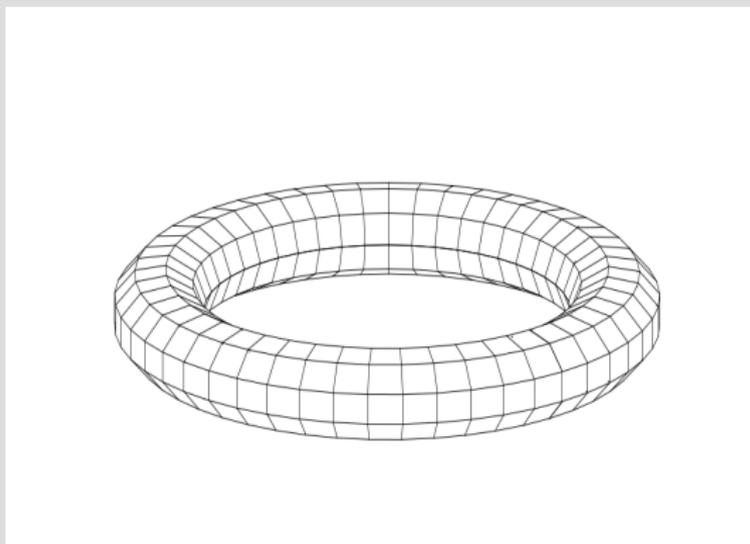
Beispielsweise: abgegrenztes Rechteck



Festgelegt werden müssen Seitenlängen

Zellularraum

Beispielsweise: „Torus“



Kurze Einordnung

- Zellulärer Automat
- Für gegebene Startkonfiguration deterministisch
- Wird durch zufällige Startkonfiguration aber zumindest eingeschränkt stochastisch

Emergenz

Regeln auf der Mikro-Ebene führen zu nicht intendierten
Effekten auf der Makro-Ebene
(Einfache Regeln erzeugen komplexes Verhalten)

Segregation

Zweites Modell behandelt räumliche Segregation

bspw. soziale/ethnische/... Gruppen in Städten

Segregation

Zweites Modell behandelt räumliche Segregation

bspw. soziale/ethnische/... Gruppen in Städten

Schelling

Modell von Schelling (1969/1971)

Schelling I: Grundidee

- Zellulärer Automat repräsentiert beispielsweise Stadt
- Zwei Bevölkerungsgruppen (Akteure) bewohnen die Zellen
- unbewohnte Zellen
- Zugehörigkeit zu einer Bevölkerungsgruppe ist einziges Merkmal der Akteure

Schelling I: Grundidee

- Zellulärer Automat repräsentiert beispielsweise Stadt
- Zwei Bevölkerungsgruppen (Akteure) bewohnen die Zellen
- unbewohnte Zellen
- Zugehörigkeit zu einer Bevölkerungsgruppe ist einziges Merkmal der Akteure

Schelling I: Grundidee

- Zellulärer Automat repräsentiert beispielsweise Stadt
- Zwei Bevölkerungsgruppen (Akteure) bewohnen die Zellen
- unbewohnte Zellen
- Zugehörigkeit zu einer Bevölkerungsgruppe ist einziges Merkmal der Akteure

Schelling I: Grundidee

- Zellulärer Automat repräsentiert beispielsweise Stadt
- Zwei Bevölkerungsgruppen (Akteure) bewohnen die Zellen
- unbewohnte Zellen
- Zugehörigkeit zu einer Bevölkerungsgruppe ist einziges Merkmal der Akteure

Schelling II: Beispiel



weiße Felder: unbewohnt, rote Zelle: Gruppe 1, gelbe Zelle:
Gruppe 2

Schelling III

- Akteure sind gegenüber Nachbarn der anderen Bevölkerungsgruppe nur eingeschränkt „tolerant“
- Wenn zu viele Nachbarn der anderen Bevölkerungsgruppe angehören, ziehen Akteure um ...
- ...und zwar in ein Feld, das ihren Anforderungen entspricht
- Nachbarschaft: Moore-Nachbarschaft

Schelling III

- Akteure sind gegenüber Nachbarn der anderen Bevölkerungsgruppe nur eingeschränkt „tolerant“
- Wenn zu viele Nachbarn der anderen Bevölkerungsgruppe angehören, ziehen Akteure um ...
- ...und zwar in ein Feld, das ihren Anforderungen entspricht
- Nachbarschaft: Moore-Nachbarschaft

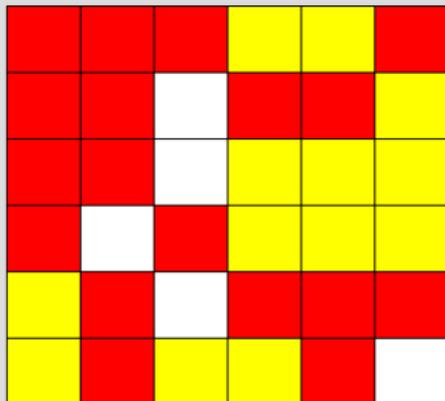
Schelling III

- Akteure sind gegenüber Nachbarn der anderen Bevölkerungsgruppe nur eingeschränkt „tolerant“
- Wenn zu viele Nachbarn der anderen Bevölkerungsgruppe angehören, ziehen Akteure um ...
- ...und zwar in ein Feld, das ihren Anforderungen entspricht
- Nachbarschaft: Moore-Nachbarschaft

Schelling III

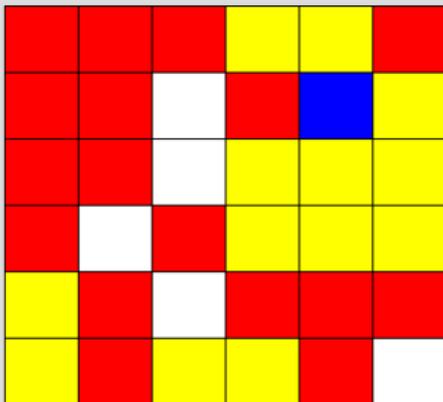
- Akteure sind gegenüber Nachbarn der anderen Bevölkerungsgruppe nur eingeschränkt „tolerant“
- Wenn zu viele Nachbarn der anderen Bevölkerungsgruppe angehören, ziehen Akteure um ...
- ...und zwar in ein Feld, das ihren Anforderungen entspricht
- Nachbarschaft: Moore-Nachbarschaft

Schelling IV: Beispiel



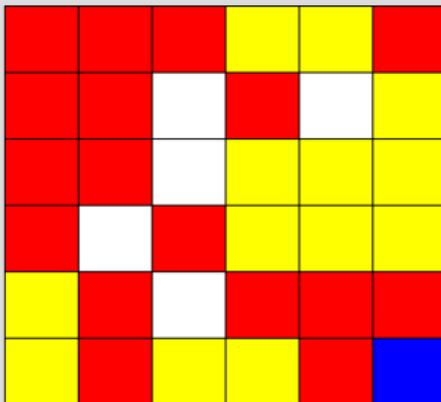
weiße Felder: unbewohnt, rote Zelle: Gruppe 1, gelbe Zelle:
Gruppe 2

Schelling IV: Beispiel



Blaues Feld wird betrachtet

Schelling IV: Beispiel



Blaues Feld wird betrachtet

Schelling V

Gegeben einer Konfiguration:

- „Unzufriedene“ Akteure auswählen
- Mögliche Zielfelder für diese Akteure auswählen
- Zielfelder für einzelne Akteure werden dann zufällig ausgesucht
- Wenn kein passendes Zielfeld, dann kein Umzug:
Akteur bleibt unzufrieden

Was nun?

Bisher:

- Prozess beschrieben
- Regeln der Veränderung beschrieben

Nun:

- Weitere Parameter wählen
- Programmieren und ausführen
- Ergebnisse betrachten

Parameter

- Größe des Automaten
- Startkonfiguration
- Toleranz der beiden Bevölkerungsgruppen (muss nicht identisch sein)
- Zugreihenfolge?

Kurze Einordnung

- Zellulärer Automat?
- Multigenten-System?
- Stochastisch

Modell und Daten I

- Beispiel: USA, Kansas City (Auswahl aus Clark 1991)
- 602 Weiße und 86 Schwarze befragt
- Bevorzugtes Verhältnis von weißer zu schwarzer Bevölkerung

Modell und Daten II

- Ca. 45% der Weißen bevorzugen „komplett weiße“ Nachbarschaften
- Ca. 10% der Weißen bevorzugen ausgeglichenes Verhältnis
- Maximaler genannter Anteil Schwarzer, den Weiße in Nachbarschaft akzeptieren würden: 60% (nur 3 der 602 Weißen)

Modell und Daten II

- Ca. 45% der Weißen bevorzugen „komplett weiße“ Nachbarschaften
- Ca. 10% der Weißen bevorzugen ausgeglichenes Verhältnis
- Maximaler genannter Anteil Schwarzer, den Weiße in Nachbarschaft akzeptieren würden: 60% (nur 3 der 602 Weißen)

Modell und Daten II

- Ca. 45% der Weißen bevorzugen „komplett weiße“ Nachbarschaften
- Ca. 10% der Weißen bevorzugen ausgeglichenes Verhältnis
- Maximaler genannter Anteil Schwarzer, den Weiße in Nachbarschaft akzeptieren würden: 60% (nur 3 der 602 Weißen)

Modell und Daten III

- 60% der befragten Schwarzen bevorzugen ausgeglichenes Verhältnis
- Ansonsten beide extreme Vorhanden: komplett schwarze und komplett weiße Nachbarschaften sowie Zwischenformen

Modell und Daten IV

Aber:

- Konsequenzen?
- Andere Mechanismen?
 - Sozio-ökonomische Faktoren?
 - „Historische“ Faktoren?
 - Politische Faktoren?
- Bezogen auf das Modell
 - Startkonfiguration?
 - Struktur?
 - Nachbarschaft?
 - Bestimmung von Segregation?

Modell und Daten IV

Aber:

- Konsequenzen?
- Andere Mechanismen?
 - Sozio-ökonomische Faktoren?
 - „Historische“ Faktoren?
 - Politische Faktoren?
- Bezogen auf das Modell
 - Startkonfiguration?
 - Struktur?
 - Nachbarschaft?
 - Bestimmung von Segregation?

Modell und Daten IV

Aber:

- Konsequenzen?
- Andere Mechanismen?
 - Sozio-ökonomische Faktoren?
 - „Historische“ Faktoren?
 - Politische Faktoren?
- Bezogen auf das Modell
 - Startkonfiguration?
 - Struktur?
 - Nachbarschaft?
 - Bestimmung von Segregation?

Modelle und Daten V

Modell zeigt, dass eingeschränkte „Toleranz“ unter bestimmten Bedingungen zu Segregation führen kann

Modell zeigt *nicht*, dass eingeschränkte Toleranz ursächlich für (reale) Segregation sein muss

Modell zeigt *nicht*, dass andere Faktoren nicht ursächlich für (reale) Segregation sein können

Modell und Daten

König, R. (2010): Simulation und Visualisierung der Dynamik räumlicher Prozesse. VS Research

Friedrichs, J., Triemer, S. (2008): Gespaltene Städte? Soziale und ethnische Segregation in deutschen Großstädten. VS Verlag

Fazit

- **Emergenz**
- „Geringes“ Maß an Intoleranz schafft Segregation
- Abhängigkeit der Resultate (und Schlussfolgerungen!) von Parametern
- Beschreibt Modell Realität? Ausschnitt?

Fazit

- Emergenz
- „Geringes“ Maß an Intoleranz schafft Segregation
- Abhängigkeit der Resultate (und Schlussfolgerungen!) von Parametern
- Beschreibt Modell Realität? Ausschnitt?

Fazit

- Emergenz
- „Geringes“ Maß an Intoleranz schafft Segregation
- Abhängigkeit der Resultate (und Schlussfolgerungen!) von Parametern
- Beschreibt Modell Realität? Ausschnitt?

Fazit

- Emergenz
- „Geringes“ Maß an Intoleranz schafft Segregation
- Abhängigkeit der Resultate (und Schlussfolgerungen!) von Parametern
- Beschreibt Modell Realität? Ausschnitt?