

# Zelluläre Automaten

SoSe 2010

LS Sozialwissenschaftliche Methodenlehre und Sozialstatistik

C. Dudel

# Worum geht's?

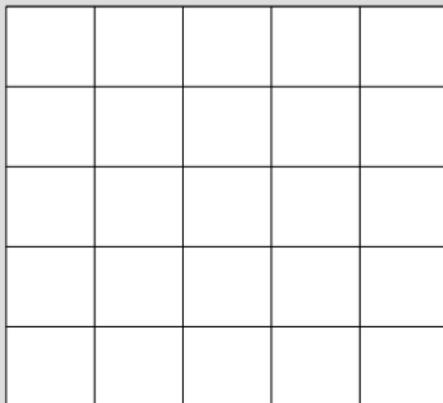
## Zelluläre Automaten

- Bottom-Up Ansatz
- Räumliche Komponente zusätzlich zu zeitlicher

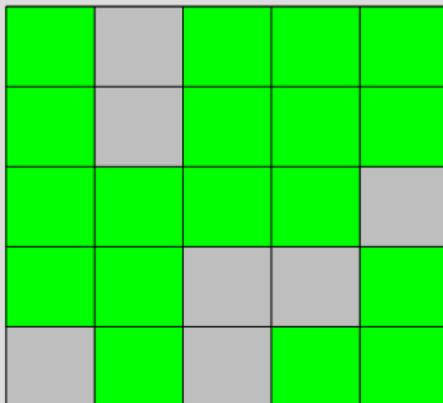
# Zelluläre Automaten I

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

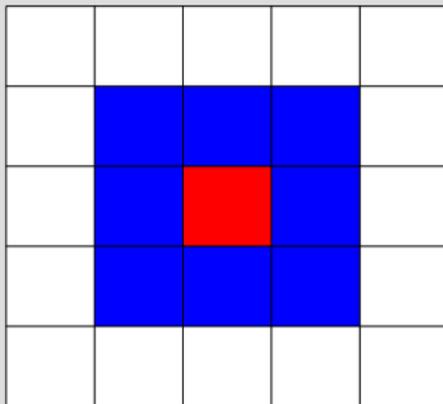
# Zelluläre Automaten V

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 wieder zum Leben erweckt, wenn sie 3 lebende Nachbarn hat

# Was nun?

Bisher:

- Prozess beschrieben
- Regeln der Veränderung beschrieben

Nun:

- Weitere Parameter wählen
- Programmieren und ausführen
- Ergebnisse betrachten

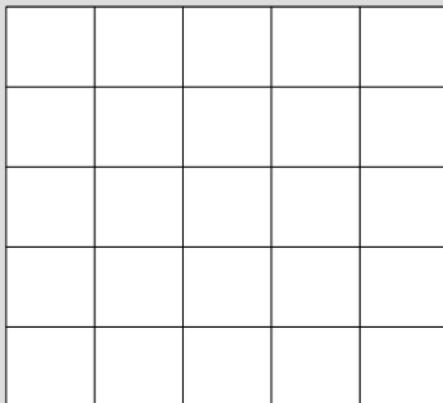
# Weitere Parameter

## Weitere Parameter?

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

# Zellularraum

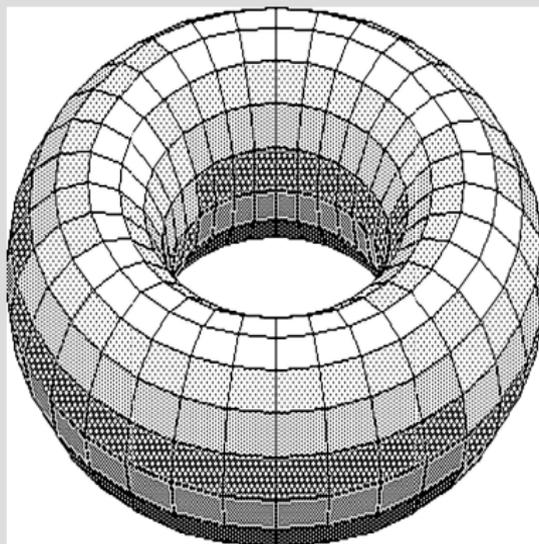
Beispielsweise: abgegrenztes Rechteck



Festgelegt werden müssen Seitenlängen

# Zellularraum

Beispielsweise: „Torus“



# Kurze Einordnung

- Zellulärer Automat
- Für gegebene Startkonfiguration deterministisch
- Erhält aber stochastischen Faktor durch zufällige Startkonfiguration

# 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

# Schelling

## Modell von Schelling (1971)

# Schelling I: Grundidee

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

# Schelling I: Grundidee

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

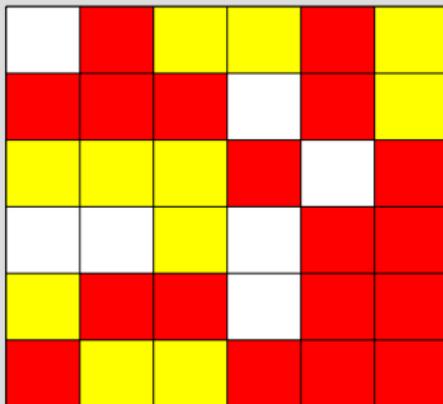
# Schelling I: Grundidee

- Zelluläret 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, zieht Akteur um ...
- ...und zwar in ein Feld, das ihren Anforderungen entspricht
- Nachbarschaft: Moore-Nachbarschaft

# Schelling IV

- Bei Umzug wird passendes Zielfeld 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 Spielfeldes
- Startkonfiguration
- Toleranz der beiden Bevölkerungsgruppen (muss nicht identisch sein)

# Kurze Einordnung

- Zellulärer Automat?
- Multigenten-System?
- Nicht voll deterministisch, nicht voll 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

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

# 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: andere Mechanismen?
  - Soziale-ökonomische Faktoren?
  - „Historische“ Faktoren?
  - Politische Faktoren?
- Konsequenzen?

# 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?