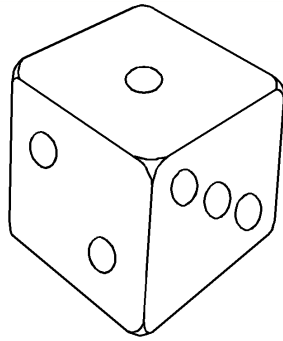


# Modelle in der Raumplanung II

Klaus Spiekermann  
Michael Wegener

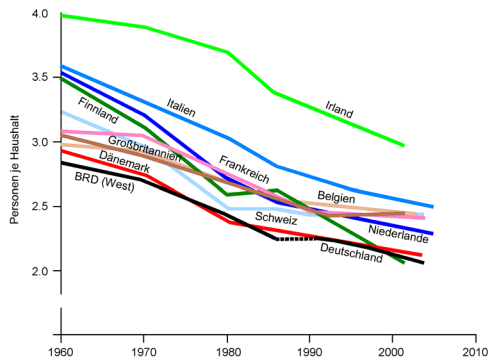
10  
Haushaltsbildung  
Lebenslaufanalyse  
Mikrosimulation  
23. Juni 2009



Lehrveranstaltung "Modelle in der Raumplanung" Sommer 2009

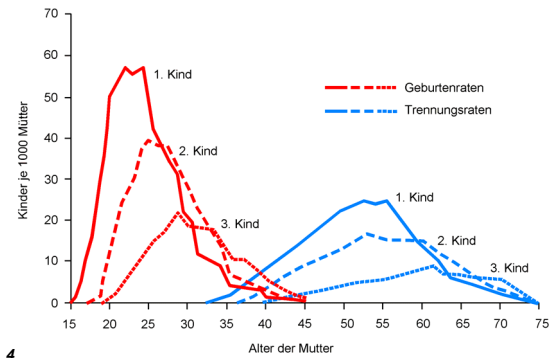


## Mittlere Haushaltsgröße



3

## Geburtenraten und Trennungsraten (Möller, 1980)



4

## Ereignisse im Lebenszyklus eines Haushalts

### Haushaltsbildung/-auflösung

- Zusammenziehen/Heirat
- Trennung/Scheidung

### Demographische Ereignisse:

- Geburt
- Altern
- Tod

### Wanderungen

- Auszug eines Kindes
- Einzug einer erwachsenen Person

### Ausbildung

- Beginn der Ausbildung
- Ende der Ausbildung

5

## Ereignisse im Lebenszyklus eines Haushalts

(Fortsetzung)

### Berufstätigkeit

- Beginn der Erwerbstätigkeit
- Wechsel des Arbeitsplatzes
- Arbeitslosigkeit
- Ende der Berufstätigkeit

### Ökonomische Ereignisse:

- Einkommensänderung

### Wohnstandort

- Einzug
- Auszug
- Umzug

6

## Haushaltsprognose mit Haushaltsvorstandsquoten

Haushaltsvorstandsquote: Anteil der Haushaltsvorstände an den Personen der Altersgruppe  $a$  und des Geschlechts  $s$ :

$$h_a^s(t) = \frac{H_a^s(t)}{P_a^s(t)}$$

↑ Haushaltsvorstände     ↑ Personen

$a$  Altersgruppe  
 $s$  Geschlecht

Es wird angenommen, daß die Haushaltsvorstandsquoten konstant bleiben:

$$H_a^s(t+1) = P_a^s(t+1) h_a^s(t) \quad t \text{ Zeit}$$

7

## Haushaltsprognose mit Haushaltsstrukturmatrix

Die Haushaltsstrukturmatrix enthält für jeden Haushaltstyp  $i$  die Anzahl Personen in Altersgruppe  $a$  mit Geschlecht  $s$ .

Es wird angenommen, dass die Haushaltsstrukturmatrix konstant bleibt.

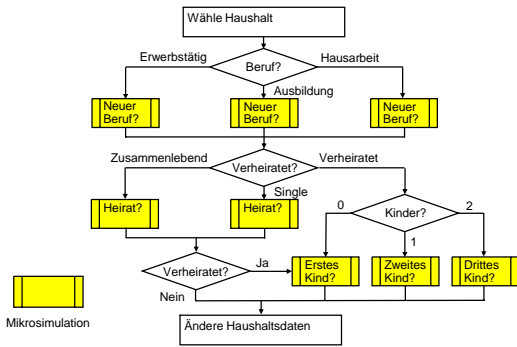
$$H_i(t+1) = H_i(t) \sum_a \sum_s p_{ai}^s(t) s_a^s(t, t+1)$$

↙ Haushalte     ↗ Personen     ↘ Überlebenswahrscheinlichkeit

$i$  Haushaltstyp  
 $a$  Altersgruppe  
 $s$  Geschlecht  
 $t$  Zeit

8

## Haushaltsprognose mit Mikrosimulation



9

Quelle: Clarke und Holm (1987)

## Lebenslaufanalyse

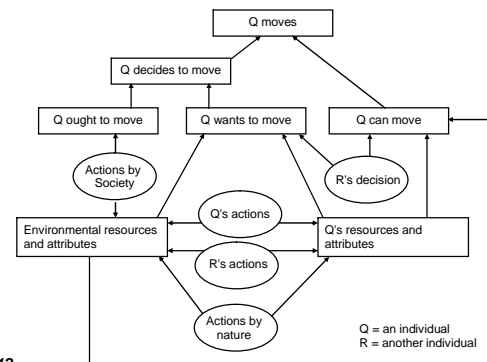
### Lebenslaufanalyse (Holm u.a. 1985)

Eine für die untersuchte Bevölkerung repräsentative Stichprobe von Individuen (Panel) wird über einen längeren Zeitraum beobachtet.

- Aus den Paneldaten werden Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Ereignissen als Funktion vorangegangener Ereignisse und Kontextvariablen geschätzt.
- Die geschätzten Wahrscheinlichkeiten werden zur Mikrosimulation fiktiver Lebensläufe genutzt.
- Hochrechnungen der fiktiven Einzellebensläufe auf die Gesamtbevölkerung ergeben Prognosen.
- Durch Variation der Kontextvariablen können die Auswirkungen von Maßnahmen untersucht werden.

11

### Lebenslaufanalyse (Holm u.a. 1985)



12

### Lebenslaufanalyse (Holm u.a. 1985)

Person Number 111: Erika Falk

Erika Falk was born in Jan 1954. The parents of Erika Falk were Ulla Falk and Gustav Falk.

Erika Falk and Ralph Johansson began to date regularly in April 1969. They were 15 and 19 years old.

In Jun 1969 Erika Falk and Ralph Johansson moved together (married).

In Jan 1971 Erika Falk got the job she had applied for.

Erika Falk started a new education in July 1971.

Erika Falk completed her education at the high school level as a practical nurse in July 1974. At that time she was 20 years old and married.

Erika Falk has a daughter, Mia, in Jan 1976, that she very much wanted to have, but ought not to have had.

Erika Falk ended her job in July 1976. She was 22 years old at the time.

13

→

### Lebenslaufanalyse (Holm u.a. 1985)

In March 1977 Erika Falk got the job she had applied for.

Erika Falk had a daughter, Ada, in Febr 1979, that she would rather not have had, and ought not to have had.

Erika Falk ended her job in May 1983. She was 29 years old at the time.

In July 1984 Erika Falk got the job she had applied for.

Erika Falk ended the job in Sep 1990. She was 36 years old at the time.

Erika Falk moved with Mia Falk to the town of Arsunda where she started a new education.

In Nov 1993 Erika Falk got the job she had applied for.

Erika Falk ended the job in Jan 2009. She was 55 years old at the time.

In March 2012 Erika Falk got the job she had applied for.

Erika Falk died in Jan 2014, at the age of 60.

14

## Mikrosimulation

### Was ist Mikrosimulation?

#### Theorie

Mikrosimulation ist die Nachbildung eines **Makroprozesses** durch eine große Zahl von **Mikroereignissen**.

#### Ereignis

Der Grundbaustein der Mikrosimulation ist das **Ereignis**.

Über **Ereignisse** können keine **deterministischen** (mit Sicherheit geltenden) Aussagen, sondern nur **probabilistische** (mit Wahrscheinlichkeit geltende) Aussagen gemacht werden.

16

## Warum Mikrosimulation?

1. Mehrdimensionale Matrizen mit vielen Klassen werden sehr groß und enthalten viele leere Zellen.
2. Trotzdem Informationsverluste durch Klassifikation und Durchschnittswertbildung.
3. Ereignisse sind nicht immer voneinander unabhängig.
4. Relativ kleine Datenstichproben reichen aus.

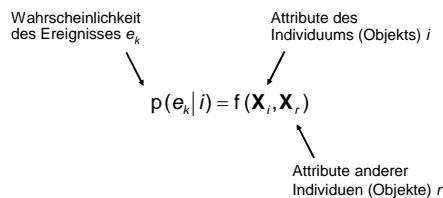
Beispiele:

- Verteilungswirkungen des Steuersystems
- Räumliche Diffusionsprozesse
- Spitzenstundenverlauf im Straßenverkehr
- Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung
- Transaktionen auf dem Wohnungsmarkt

17

## Übergänge

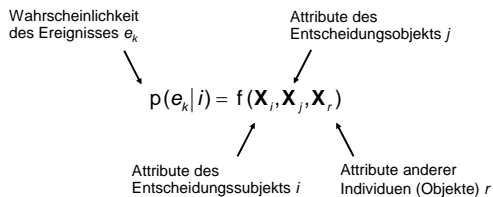
Die Wahrscheinlichkeit eines **Übergangs** eines Individuums oder Objekts von einem Zustand in einen anderen ist eine Funktion des Zustands des **Individuums (Objekts)** selbst und des Zustands anderer **Individuen (Objekte)**:



19

## Entscheidungen

Die **Entscheidung** eines Entscheidungssubjekts ist eine Funktion des Zustands des **Entscheidungsobjekts**, des Zustands des **Entscheidungssubjekts** und des Zustands anderer **Individuen** oder **Objekte**:



21

## Methode der Mikrosimulation

Die Methode der Mikrosimulation besteht in der Erzeugung einer **Folge von Ereignissen entsprechend der Wahrscheinlichkeit** ihres Eintreffens.

Um ein Ereignis zu erzeugen, wird eine **Lotterie** gespielt, deren Ergebnis einer der möglichen Ausgänge des Ereignisses entsprechend deren Wahrscheinlichkeiten ist.

Daher wird Mikrosimulation auch **Monte-Carlo-Simulation** genannt – Mikrosimulationsmodelle können bei jedem Lauf ein anderes Ergebnis haben (*stochastische Variation*).

Andere Bezeichnungen für Mikrosimulationsmodelle sind **CA-Modelle** und **Multiagentenmodelle** (über die Unterschiede siehe vorige Woche).

23

## Ereignisse

Es gibt zwei Arten von Ereignissen:

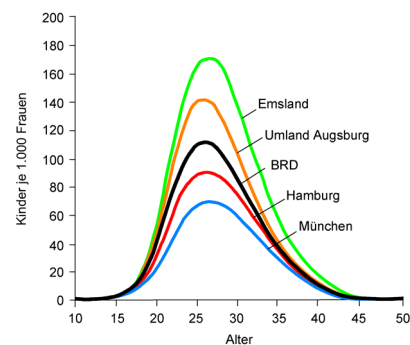
- **Übergänge** sind Wechsel eines Individuums oder Objekts von einem Zustand in einen anderen allein aufgrund von Übergangswahrscheinlichkeiten (z.B. Altern von Personen oder Verfall von Gebäuden).
- **Entscheidungen** sind bewusste Willensakte eines Individuums (Entscheidungssubjekts) zur zielorientierten Auswahl zwischen Alternativen (z.B. Verkehrsmittelwahl oder Wohnungswahl).

Sofern das **Entscheidungsmotiv** nicht von Interesse ist, werden Entscheidungen häufig als Übergänge modelliert (z.B. Geburten, Heiraten, Scheidungen).

18

## Übergänge

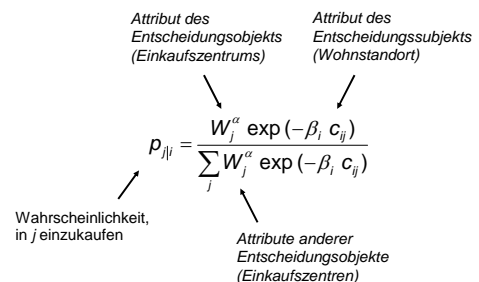
Beispiel: Altersspezifische Geburtenraten



20

## Entscheidungen

Beispiel: Entscheidung, in  $j$  einzukaufen (Huff-Modell)



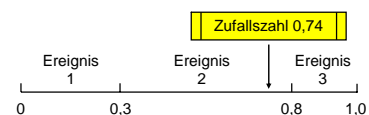
22

## Methode der Mikrosimulation

Die Lotterie besteht in der **Projektion einer Zufallszahl** zwischen 0 und 1 auf den **Vektor der kumulierten Wahrscheinlichkeiten** der möglichen Ereignisse.

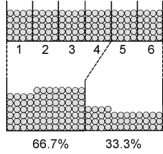
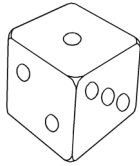
Beispiel:

Es können **drei** mögliche Ereignisse mit den Wahrscheinlichkeiten 0,3, 0,5 und 0,2 eintreten. Wird die Zufallszahl 0,74 gezogen, tritt Ereignis 2 ein:



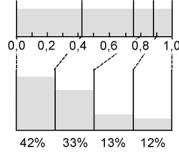
24

## Zufallszahlengeneratoren



25

Zufallszahlengenerator



Pseudo-Zufallszahlengenerator

## Mikrodaten (Beispiele)

### Gebäude

*Wohngebäude (Mikrostandort)*

- Wohnungen (Typ, Größe, Qualität)

*Nichtwohngebäude (Mikrostandort)*

- Geschossflächen (Industrie, Einzelhandel, Büros)

### Haushalte, Unternehmen

*Haushalte (Mikrostandort)*

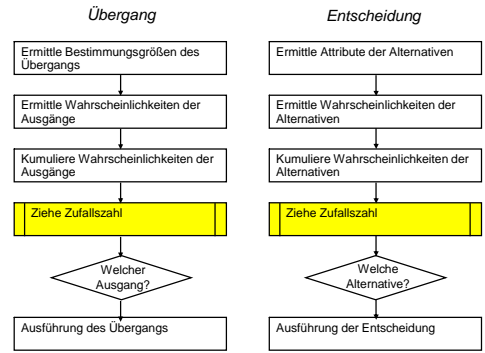
- Haushalte (Größe, Einkommen, Pkw)
- Personen (Alter, Geschlecht, Ausbildung, Beruf)

*Unternehmen (Mikrostandort)*

- Unternehmen (Branche, Größe, Fahrzeuge)
- Beschäftigte (Qualifikation)

27

## Ablauf einer Mikrosimulation



26

## Mikrodaten

In der Praxis sind Mikrodaten selten verfügbar, oder sie dürfen aus Datenschutzgründen nicht verwendet werden.

**Synthetische Mikrodaten** sind aus verfügbaren Daten für größere Gebietseinheiten generierte Mikrodaten, die mit diesen in allen wichtigen Dimensionen übereinstimmen.

Mikrosimulationsmodelle können mit synthetischen Mikrodaten anstelle echter Mikrodaten arbeiten.

Es gibt im wesentlichen **zwei Verfahren** zur Erzeugung synthetischer Mikrodaten:

- **Iterative Proportional Fitting**
- **Monte-Carlo Sampling**

28

## Iterative Proportional Fitting

*Gegeben:*

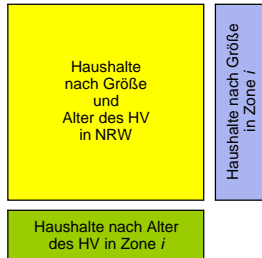
- Haushalte nach Größe
- Haushalte nach Alter des HV
- Matrix der Haushalte nach Größe und Alter des HV in Nordrhein-Westfalen

*Gesucht:*

- Matrix der Haushalte nach Größe und Alter des HV in den Zonen

*Methode (vgl. RAS-Methode):*

Die Elemente der Matrix werden so verändert, dass die Summen der Spalten und der Zeilen den eindimensionalen Eingabedaten entsprechen und die Veränderung der Matrix minimal ist.



29

## Monte-Carlo Sampling

*Gegeben:*

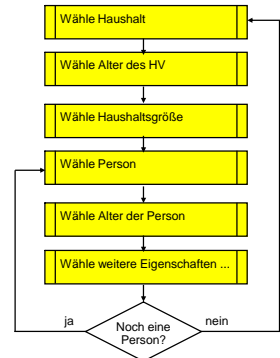
- Für jede Zone:
  - Haushalte nach Größe
  - Haushalte nach Alter des HV
  - Personen nach Alter

*Gesucht:*

- Für jede Zone:
  - Haushalte nach Größe und Alter des HV
- Für jeden Haushalt:
  - Personen nach Alter

*Methode:*

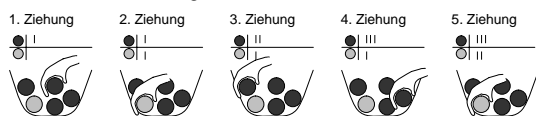
Die Eigenschaften der Haushalte und Personen werden in der Reihenfolge gezogen, in der sie sich beeinflussen.



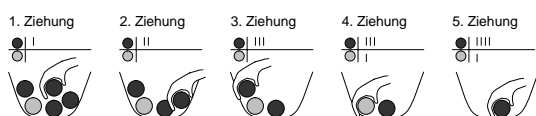
30

## Zwei Verfahren des Ziehens

### Ziehen *mit* Zurücklegen



### Ziehen *ohne* Zurücklegen



31

Quelle: Moeckel (2003)

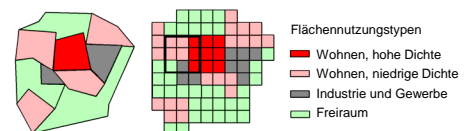
## Räumliche Disaggregation

Zur Erzeugung synthetischer Mikrodaten werden **Zonen-daten** auf **Rasterzellen** disaggregiert.

Dazu sind **zwei Schritte** erforderlich:

### (1) Umwandlung von **Polygonen** in **Rasterzellen**

Die Polygone einer Flächennutzungskarte werden in Rasterzellen aufgelöst, und jeder Rasterzelle wird ein Flächennutzungstyp zugewiesen.

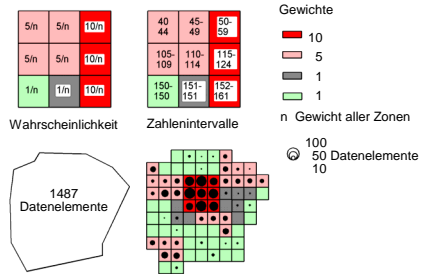


32

## Räumliche Disaggregation

### (2) Zuordnung von **Zonendaten** zu **Rasterzellen**

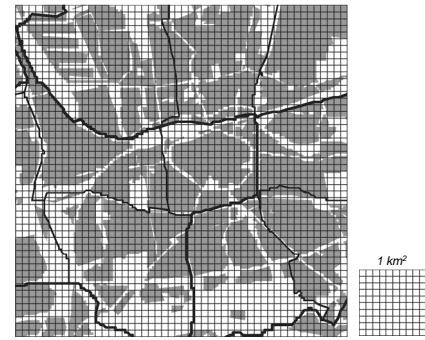
Die Zonendaten werden den Rasterzellen durch Monte-Carlo-Simulation entsprechend ihrer Dichte zugewiesen.



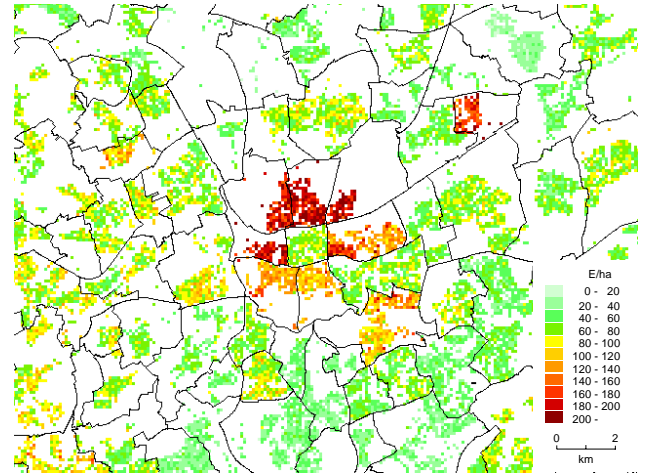
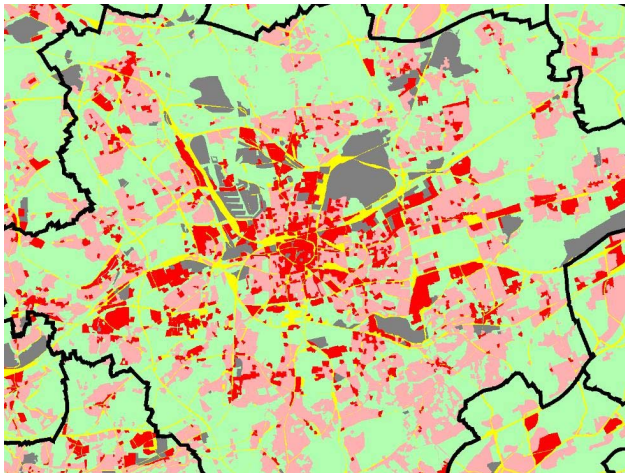
33

## Räumliche Disaggregation

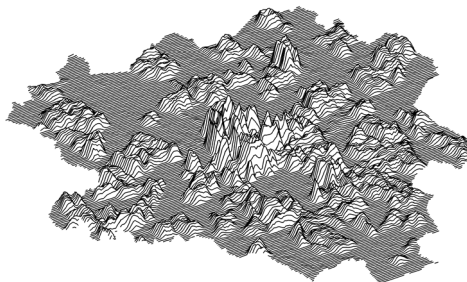
100 x 100 m Rasterzellen



34

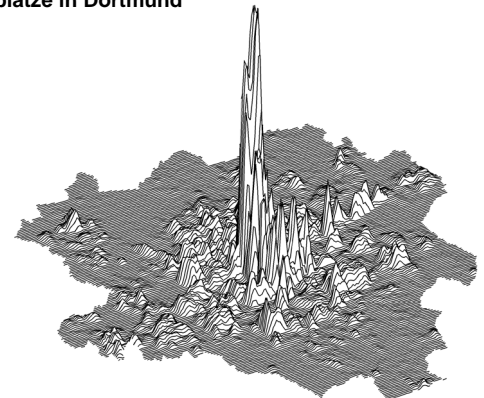


## Wohnungen in Dortmund



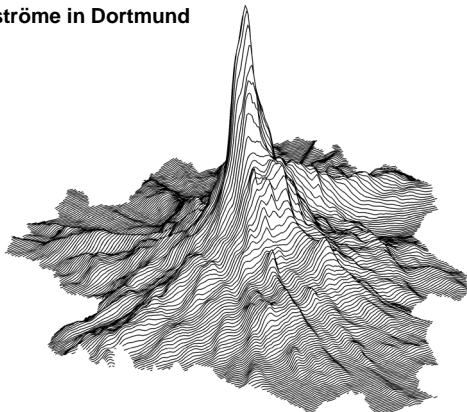
37

## Arbeitsplätze in Dortmund



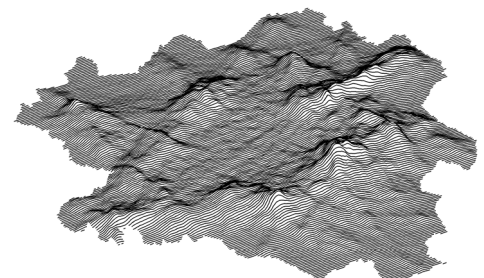
38

## Pendlerströme in Dortmund



39

## Suburbane Pendlerströme in Dortmund



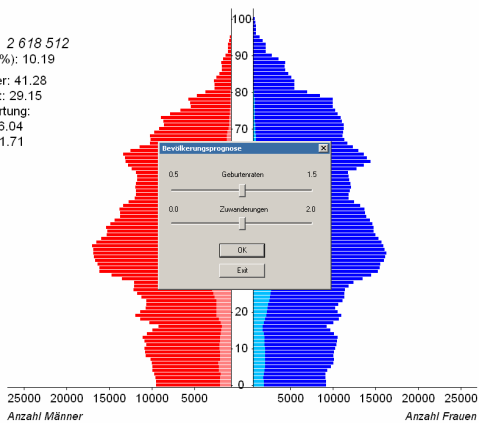
40



## Modellbeispiel: Bevölkerungsprognose im ILUMASS-Modell

2000

Einwohner: 2 618 512  
Ausl. Einw. (%): 10,19  
Mittleres Alter: 41,28  
Altenquotient: 29,15  
Lebenserwartung:  
- Männer: 76,04  
- Frauen: 81,71  
TFR: 1,43  
NRR: 0,69



43

## Modellbeispiel: Bevölkerungsprognose

Das Programm *<ghdemo>* prognostiziert die Bevölkerungsentwicklung des östlichen Ruhrgebiets als **Mikrosimulation** als Funktion von Annahmen über

- alters- und geschlechtsspezifische **Sterberaten**
- altersspezifische **Geburtenraten**

Das gesamte ILUMASS-Modell wird in der letzten Vorlesung des Sommersemesters am 21.07.2009 vorgestellt werden.

Zum Vergleich:

Bevölkerungsprognose mit **Cohort-Survival-Modell** (siehe 9. Vorlesung im Wintersemester).

42

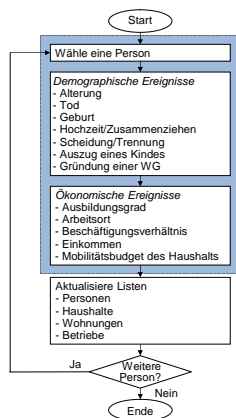
## ILUMASS-Modell

Mikrosimulationsmodule

Prozesse	Mikrosimulationsmodule				
<b>Verkehrsinfrastruktur</b> 5 Jahre	Stadtnetz	Öffentlicher Verkehr			
<b>Gebäude</b> 3 Jahre	Gewerbegebäude	Einzelhandelsgebäude	Bürogebäude	Wohngebäude	
<b>Betriebe</b> <b>Haushalte</b> 2 Jahre	Firmenlebenszyklen	Haushaltslebenszyklen	<b>Personallebenszyklen</b>		
<b>Standort</b> 1 Jahr	Gewerbestandorte	Einzelhandelsstandorte	Dienstleistungsstandorte	Arbeitsplatzwechsel	Wanderungen
<b>Fahrzeuge</b> 1 Jahr	Wirtschaftsfahrzeuge	Privatbesitz			
<b>Aktivitäten</b> 1 Tag	Logistik	Haushaltsaktivitäten			
<b>Verkehr</b> 1 Tag	Güterverkehr	Wege			
<b>Umwelt</b> 1 Tag	Energie CO <sub>2</sub>	Luftverschmutzung	Lärm	Bodenversiegelung	Mikroklima

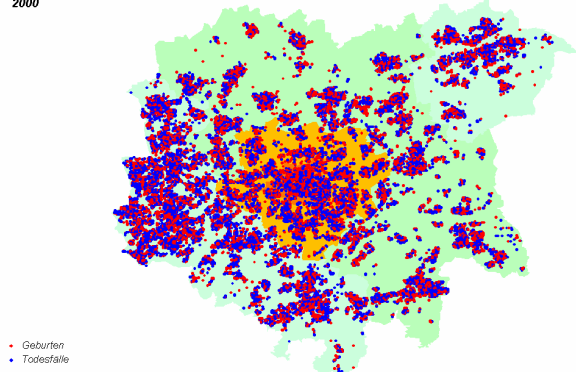
44

## Beispiel: Mikrosimulation von Personen



45

Geburten und Todesfälle  
in der Region Dortmund  
2000



## Kritik

**Mikrosimulationsmodelle** bieten viele **Vorteile** gegenüber aggregierten Modellen:

- **Individuelles Verhalten** von Personen, Haushalten und Unternehmen kann abgebildet werden.
- **Mikrostandorte** mit ihren kleinräumigen Eigenschaften können dargestellt werden.

Mikrosimulationsmodelle haben aber noch viele ungelöste **Probleme**:

- hoher Aufwand der Beschaffung von **Mikrodaten**
- methodische Probleme der **Eichung** und **Stabilität**
- mangelnde Berücksichtigung **stochastischer Variation**
- zumeist hohe **Rechenzeiten**

47

## Weitere Informationen

Holm, E., Lindgren, U., Malmberg, G. (2000): Dynamic microsimulation. In: Fotheringham, A.S., Wegener, M., Hg.: *Spatial Models and GIS: New Potential and New Models*. GISDATA 7. London: Taylor & Francis, 143-165 (BR).

Moeckel, R., Schwarze, B., Spiekermann, K., Wegener, M. (2007): Simulating interactions between land use, transport and environment. 11th World Conference on Transport Research. [http://www.spiekermann-wegener.de/pub/pdf/ILUMASS\\_WCTR.pdf](http://www.spiekermann-wegener.de/pub/pdf/ILUMASS_WCTR.pdf).

Einen Überblick über das ILUMASS-Projekt ist auf der Projekt-Website <http://www.spiekermann-wegener.de/pro/illumass.htm> zu finden.

48