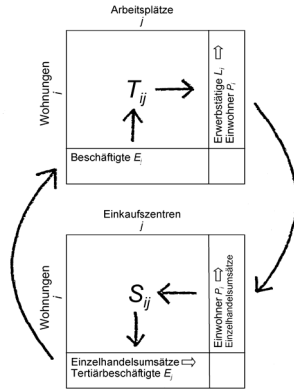


# Modelle in der Raumplanung II

Klaus Spiekermann  
Michael Wegener

7  
Wohnstandortwahl  
26. Mai 2009



Lehrveranstaltung "Modelle in der Raumplanung" Sommer 2009

## Bodenmarkt und Wohnstandortwahl

(Alonso, 1960; Muth, 1969; Mills, 1972 u.v.a.)

Annahmen:

- (1) Die Stadt ist konzentrisch mit radialem Verkehrsnetz.
- (2) Alle Arbeitsplätze sind im Stadtzentrum.
- (3) Alle Wohngrundstücke sind gleichwertig und unterscheiden sich nur durch ihre Größe.
- (4) Alle Haushalte haben gleiche Präferenzen und unterscheiden sich nur durch ihr Einkommen.
- (5) Haushalte verteilen ihr Einkommen auf Bodenkosten, Verkehrskosten und andere Kosten.
- (6) Haushalte wägen zwischen Erreichbarkeit und Grundstücksgröße ab.
- (7) Haushalte kennen alle Grundstücke und Bodenpreise.

3

## Bodenmarkt und Wohnstandortwahl

(Alonso, 1960, 1964)

(1) Wahl der **optimalen Grundstücksgröße**:

Nutzenfunktion:

$$\max_{x,s} U[x, s | d]$$

← Entfernung zum Zentrum

Budgetrestriktion:

$$px + r(d)s + t(d)d = Y$$

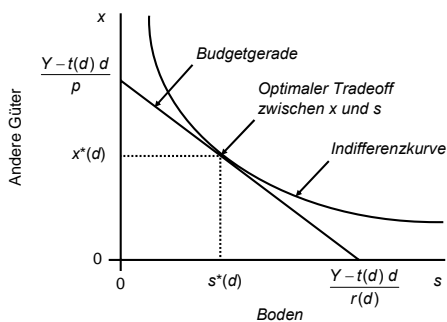
Sonstige Preise    Bodenpreis    Verkehrskosten    Einkommen

4

## Bodenmarkt und Wohnstandortwahl

(Alonso, 1960, 1964)

(1) Wahl der **optimalen Grundstücksgröße**:

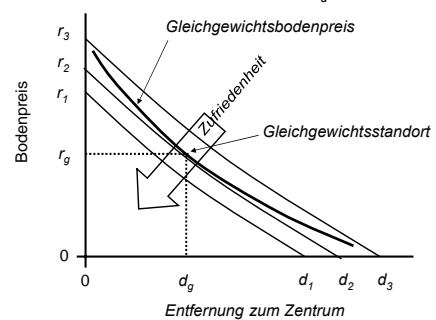


5

## Bodenmarkt und Wohnstandortwahl

(Alonso, 1960, 1964)

(2) Wahl des **optimalen Standorts**:  $\max_d U[x^*(d), s^*(d)]$



6

## Bodenmarkt und Wohnstandortwahl

(Alonso, 1960, 1964)

**Gleichgewicht** auf dem Bodenmarkt:

- (1) Der Angebotspreis für jedes Grundstücks ist gleich dem Nachfragepreis.
- (2) Jedes Grundstück geht an den Bieter mit dem höchsten Angebot.
- (3) Alle Haushalte einer Einkommensgruppe haben den gleichen Nutzen.
- (4) Kein Haushalt kann seine Wohnsituation durch Umziehen verbessern.

Fortsetzung →

7

## Bodenmarkt und Wohnstandortwahl

(Alonso, 1960, 1964)

**Gleichgewicht** auf dem Bodenmarkt (Fortsetzung):

- (5) Die Gleichgewichtspreise nehmen vom Zentrum nach außen ab.
- (6) Die Einwohnerdichte nimmt vom Zentrum nach außen ab.
- (7) Haushalte mit hohem Einkommen wohnen am Stadtrand auf großen Grundstücken.
- (8) Haushalte mit niedrigem Einkommen wohnen nahe dem Stadtzentrum.

8

## Erreichbarkeit und Wohnstandortwahl

### “How accessibility shapes land use“ (Hansen, 1959)

Erreichbarkeit:

$$A_i = \sum_j \frac{E_j}{d_{ij}^\alpha}$$

Erreichbarkeit der Arbeitsplätze  $\rightarrow$   $A_i$   $\leftarrow$  Arbeitsplätze in  $j$   
 $\leftarrow$  Entfernung  $ij$

Wohnungsbau:

$$D_i = \frac{R_i}{R_i^{\text{pot}}} = k A_i^\gamma$$

Ausnutzung der Wohnbaufläche in  $i$   $\rightarrow$   $D_i$   $\leftarrow$  Wohnungen in  $i$   
 $\leftarrow$  Erreichbarkeit der Arbeitsplätze  
 $\leftarrow$  Mögliche Wohnungen in  $i$

11

### Potentialerreichbarkeit (“Hansen“-Erreichbarkeit)

Originalform (Gravitation):

$$A_{k|i} = \sum_j \frac{W_{jk}}{d_{jk}^2}$$

Erreichbarkeit  $\rightarrow$   $A_{k|i}$   $\leftarrow$  Gelegenheiten des Typs  $k$   
 $\leftarrow$  Entfernung  $ij$

Moderne Form (Entropie/Logit):

$$A_{k|i} = \sum_j W_{jk} \exp(-\beta c_{ij})$$

Erreichbarkeit  $\rightarrow$   $A_{k|i}$   $\leftarrow$  Gelegenheiten des Typs  $k$   
 $\leftarrow$  Wegekosten  $ij$

13

(vgl. 5. Vorlesung Wintersemester, Folien 21-23)

### Erreichbarkeit und Wohnstandortwahl

Wahrscheinlichkeit, dass Haushaltstyp  $h$  Stadtbezirk  $i$  als Wohnstandort wählt (Logitmodell):

$$p_{i|h} = \frac{R_i \exp(\beta u_{ih})}{\sum_j R_j \exp(\beta u_{jh})}$$

Wohnungen  $\rightarrow$   $R_i$   $\leftarrow$  Attraktivität  
 $i$  = Stadtbezirk  
 $h$  = Haushaltstyp

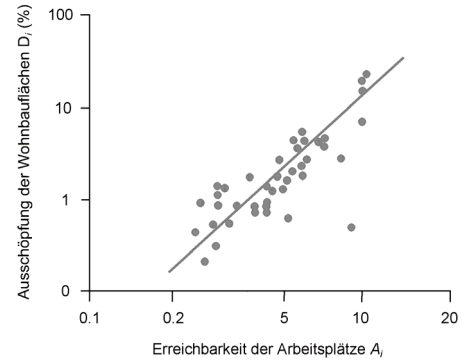
mit Nutzenfunktion:

$$u_{ih} = \sum_k \alpha_k A_{ink} + \sum_n \gamma_n X_{ihn}$$

Attraktivität  $\rightarrow$   $u_{ih}$   $\leftarrow$  Erreichbarkeit  
 $\leftarrow$  Sonstige Standortfaktoren

15

### “How accessibility shapes land use“ (Hansen, 1959)



10

### Erreichbarkeitsindikatoren

1. “Was ist die durchschnittliche **Reisezeit** zu einem vordefinierten Satz an Zielen (z.B. Einkaufszentren, Schulen, die nächsten drei Supermärkte)?“
2. “Wie viele **Gelegenheiten** (Arbeitsplätze, Einwohner, Einzelhandelsgeschäfte, öffentliche Einrichtungen usw.) können zu Fuß (mit dem Fahrrad, PKW, ÖPNV) vom Standort  $i$  in Zeit  $\Delta t$  erreicht werden?“
3. “Hansen“-Erreichbarkeit: das **Potential** der mit einer Funktion des Raumüberwindungswiderstands gewichteten erreichbaren Gelegenheiten.

(vgl. 5. Vorlesung Wintersemester, Folien 19-21)

12

### Multimodale Potentialerreichbarkeit

Bei mehreren Verkehrsarten  $m$  zwischen  $i$  und  $j$  wird  $c_{ij}$  in der Potentialerreichbarkeitsgleichung durch den mit der Verkehrsmittelwahl gewichteten logarithmischen **“Mittelwert“**  $\bar{c}_{ij}$  ersetzt (Williams, 1977):

$$\bar{c}_{ij} = -\frac{1}{\lambda} \ln \sum_m \exp(-\lambda c_{ijm})$$

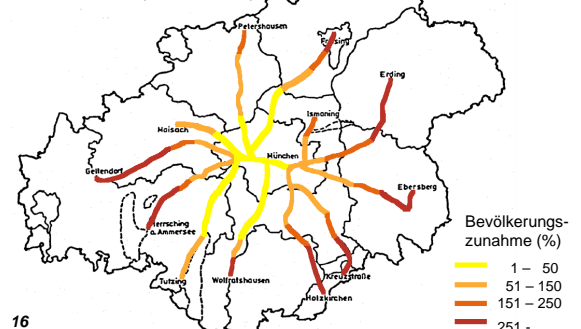
Erreichbarkeit  $\rightarrow$   $\bar{c}_{ij}$   $\leftarrow$  “Mittlere“ Wegekosten von  $i$  nach  $j$   
 $\leftarrow$  Wegekosten mit Verkehrsmittel  $m$  zwischen  $i$  und  $j$

(vgl. 4. Vorlesung Sommersemester, Folie 34)

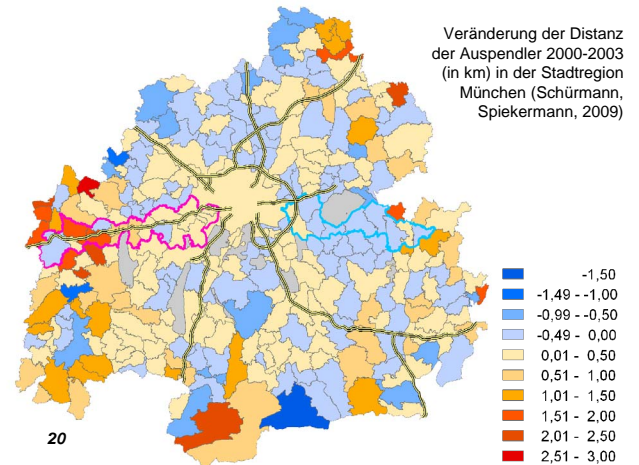
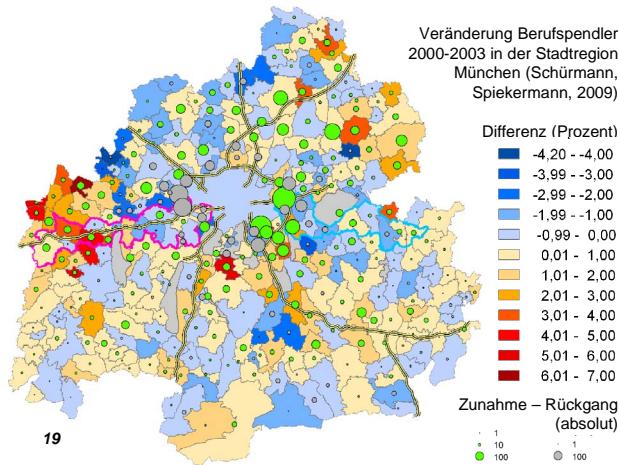
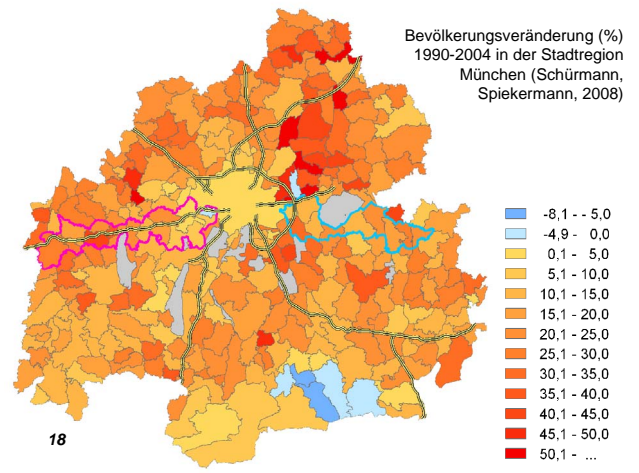
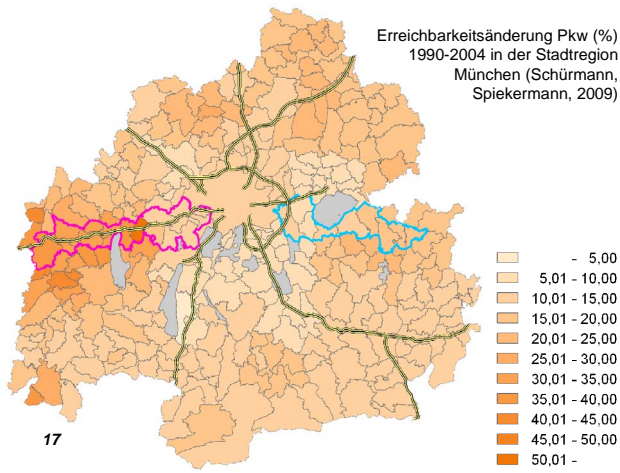
14

### Erreichbarkeit und Wohnstandortwahl

Erreichbarkeit und Einwohnerzunahme im Münchner Umland durch die S-Bahn (Kreibich, 1978)

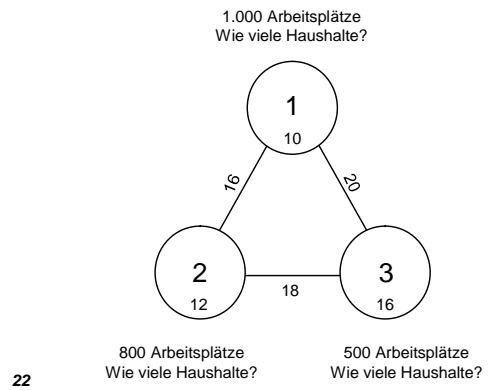


16



**Beispiel:  
Räumliches Interaktionsmodell  
zur Wohnstandortwahl**

**Räumliches Interaktionsmodell zur Wohnstandortwahl**



**Räumliches Interaktionsmodell zur Wohnstandortwahl**

Gegeben:

Reisezeiten  $c_{ij}$  (min)

	1	2	3
1	10	16	20
2	16	12	18
3	20	18	16

Arbeitsplätze (Zielverkehr)  $D_j$

	1	2	3	$\Sigma$
$D_j$	1.000	800	500	2.300

**Räumliches Interaktionsmodell zur Wohnstandortwahl**

Gesucht:

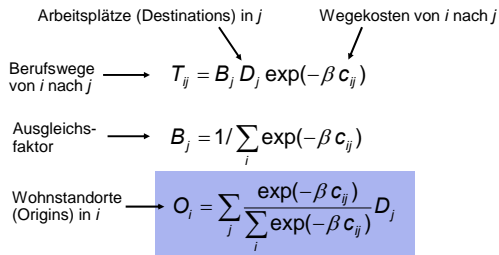
Berufsverkehrsmatrix  $T_{ij}$

Wohnstandorte (Origins)  $O_i$

	1	2	3	$O_i$
1	?	?	?	?
2	?	?	?	?
3	?	?	?	?
$D_j$	1.000	800	500	2.300

### Räumliches Interaktionsmodell zur Wohnstandortwahl

Attraktionsbeschränktes räumliches Interaktionsmodell  
(keine Kapazitätsbeschränkungen in  $i$ ):



25

(vgl. 4. Vorlesung Wintersemester, Folie 10)

### Räumliches Interaktionsmodell zur Wohnstandortwahl

Veränderung der Eingabedaten: **Beschleunigung** einer Verbindung zwischen Innenstadt und Vorort

Reisezeiten  $c_{ij}$  (min)

	1	2	3
1	10	16	<b>10</b>
2	16	12	18
3	<b>10</b>	18	16

27

**Beispiel:  
Lowry-Modell**

### Lowry-Modell (Lowry, 1964)

(2) Wohnbevölkerung  $P_i$ :

$$P_i = \sum_j T_{ij} / a$$

Die Bevölkerung der Wohnzonen  $P_i$  ergibt sich aus der Zahl der von ihr ausgehenden Berufsfahrten geteilt durch die Erwerbsquote  $a$ .

(3) Einkaufs-/Dienstleistungsfahrten  $S_{ij}$ :

$$S_{ij} = \frac{W_j \exp(-\beta c_{ij})}{\sum_i W_i \exp(-\beta c_{ij})} P_i$$

Einkaufs- und Dienstleistungsfahrten werden mit dem Huff-Modell berechnet.

31

### Räumliches Interaktionsmodell zur Wohnstandortwahl

Ergebnis:

Berufsverkehrsmatrix  $T_{ij}$  und Wohnstandorte (Origins)  $O_i$

	1	2	3	$O_i$
1	823	164	82	1.069
2	136	546	148	830
3	41	90	270	401
$D_j$	<b>1.000</b>	<b>800</b>	<b>500</b>	<b>2.300</b>

26

### Räumliches Interaktionsmodell zur Wohnstandortwahl

Veränderung der Eingabedaten: **Beschleunigung** einer Verbindung zwischen Innenstadt und Vorort

Ergebnis:

	1	2	3	$O_i$	$\Delta O_i$
1	<b>462</b>	164	<b>398</b>	<b>1.024</b>	-4 %
2	<b>76</b>	546	<b>36</b>	<b>658</b>	-21 %
3	<b>462</b>	90	<b>66</b>	<b>618</b>	+54 %
$D_j$	<b>1.000</b>	<b>800</b>	<b>500</b>	<b>2.300</b>	

Mehr Erwerbstätige ziehen in den Vorort.

28

### Lowry-Modell (Lowry, 1964)

Das 1964 von Lowry für Pittsburgh vorgeschlagene **Model of Metropolis** – als Entropie-Modell geschrieben – lautet:

(1) Berufsfahrten Basisbeschäftigte  $E_j^B$ :

$$T_{ij} = \frac{R_i \exp(-\beta c_{ij})}{\sum_i R_i \exp(-\beta c_{ij})} E_j^B$$

Die Verteilung der Basisbeschäftigten wird als bekannt vorausgesetzt. Deren Berufsfahrten werden mit einem attraction-constrained räumlichen Interaktionsmodell berechnet. Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Größe der Wohnzonen werden diese mit der Zahl der Wohnungen  $R_i$  gewichtet.

30

### Lowry-Modell (Lowry, 1964)

(4) Tertiärbeschäftigte  $E_j^S$ :

$$E_j^S = \sum_i S_{ij} / s$$

Die Tertiärbeschäftigten  $E_j^S$  ergeben sich aus der Zahl der Einkaufs- und Dienstleistungsfahrten geteilt durch die Erwerbsquote Tertiärbeschäftigte (Tertiärbeschäftigte je Einwohner)  $s$ .

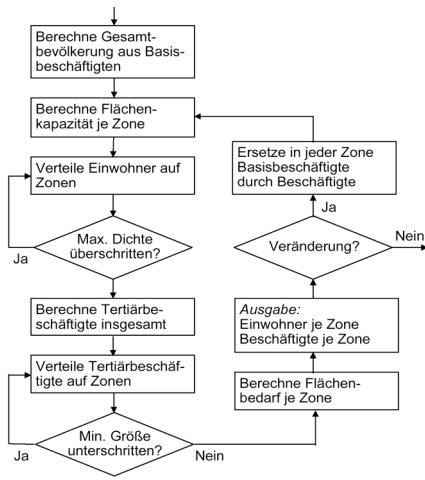
(5) Gehe nach (1) und ersetze  $E_j^B$  durch

$$E_j = E_j^B + E_j^S$$

In der Iteration werden Basisbeschäftigte durch Gesamtbeschäftigte ersetzt.

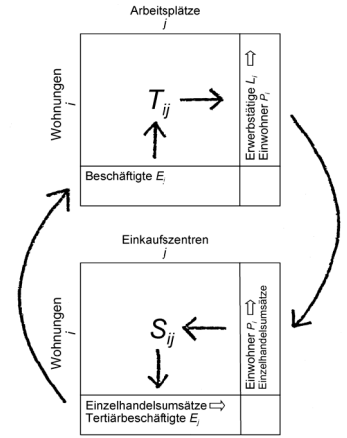
32

**Lowry-Modell**  
(Lowry, 1964)



33

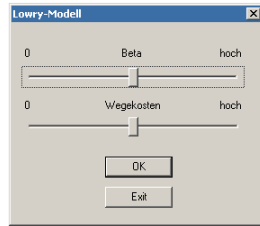
**Lowry-Modell**  
(Lowry, 1964)



34

**Lowry-Modell**

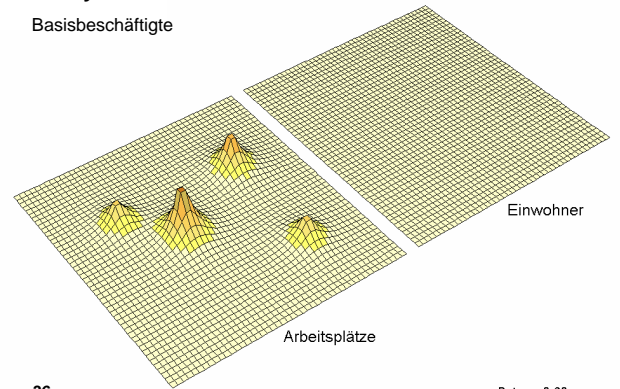
Das Programm <Lowry> simuliert die Iterationen des Lowry-Modells am Beispiel einer Stadt mit einer Stadtmitte und vier Unterzentren mit Basisarbeitsplätzen. Die Modellparameter Raumüberwindungswiderstand (Beta) und Wegekosten je km können experimentell verändert werden.



35

**Lowry-Modell**

Basisbeschäftigte

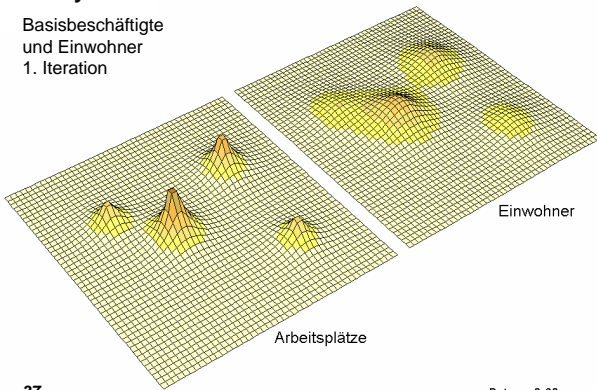


36

Beta = 0.60  
Wegekosten = 1.00

**Lowry-Modell**

Basisbeschäftigte und Einwohner  
1. Iteration

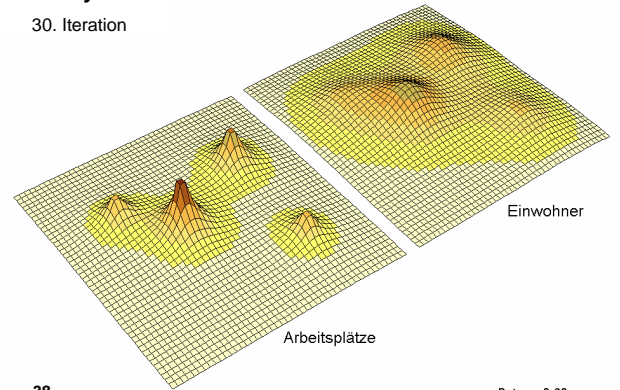


37

Beta = 0.60  
Wegekosten = 1.00

**Lowry-Modell**

30. Iteration



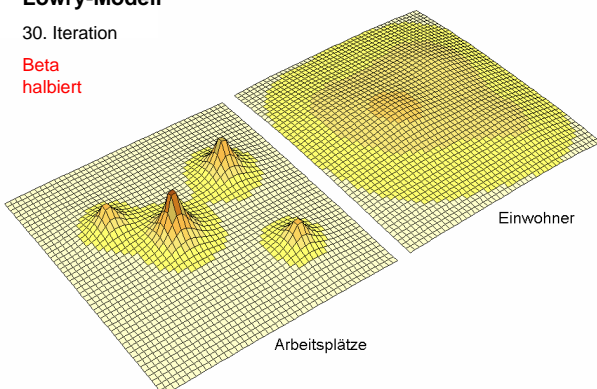
38

Beta = 0.60  
Wegekosten = 1.00

**Lowry-Modell**

30. Iteration

Beta  
halbiert



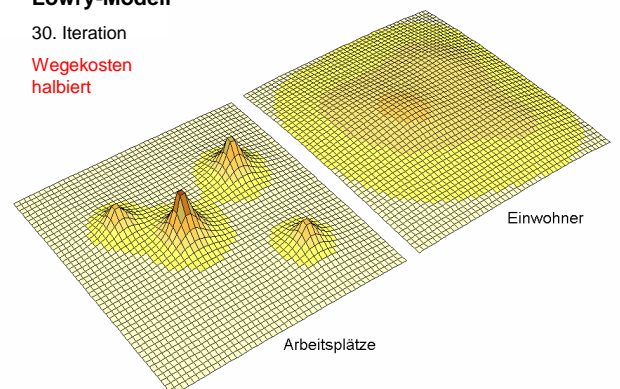
39

Beta = 0.30  
Wegekosten = 1.00

**Lowry-Modell**

30. Iteration

Wegekosten  
halbiert



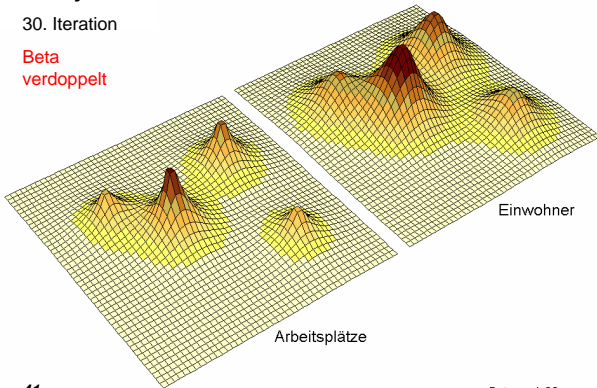
40

Beta = 0.60  
Wegekosten = 0.50

### Lowry-Modell

30. Iteration

Beta  
verdoppelt



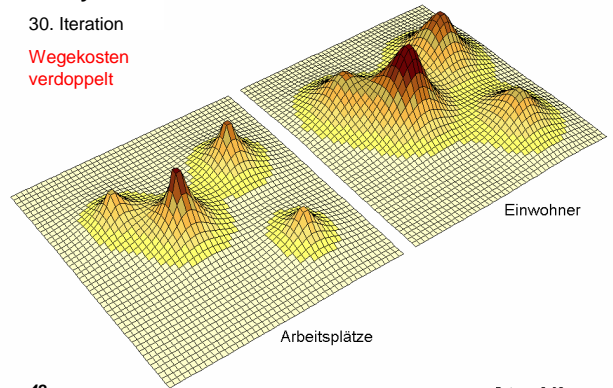
41

Beta = 1.20  
Wegekosten = 1.00

### Lowry-Modell

30. Iteration

Wegekosten  
verdoppelt



42

Beta = 0.60  
Wegekosten = 2.00

### Kritik

### Modelle der Wohnstandortwahl

Die bisher behandelten **Modelle der Wohnstandortwahl**, **Erreichbarkeitsmodelle**, **räumliche Interaktionsmodelle** und das **Lowry-Modell**, erfassen einen wichtigen Aspekt räumlichen Verhaltens der Menschen: den Zusammenhang zwischen **täglicher Mobilität** und mittel- und langfristigen **Standortentscheidungen**.

Diese Modelle sind deshalb geeignet, die kompakte Form mittelalterlicher Städte und die Ausdehnung der Städte im Zeitalter des Automobils zu erklären.

Es hat deshalb Versuche gegeben, dies Modelle für alle Aufgaben der Stadtentwicklungsprognose einzusetzen.

44

### A Family of Spatial Interaction Models

(Wilson, 1970; 1974)

Fall	Wohnstandorte	Arbeitsplatzstandorte	Modell
1 Siedlungsstruktur	gesucht	gesucht	unconstrained
2 Arbeitsplatzwahl	bekannt	gesucht	production-constrained
3 Wohnstandortwahl	gesucht	bekannt	attraction-constrained
4 Verkehr	bekannt	bekannt	doubly constrained

(vgl. 4. Vorlesung Sommersemester, Folie 8)

45

### Kritik

Räumliche Interaktionsmodelle als Modelle zur Erklärung der Wohnstandortwahl haben aber große Defizite:

- Sie verwechseln die oft primäre Ursache (Standortwahl) und die Wirkung (Raumüberwindung).
- Sie vernachlässigen andere Faktoren der Standortattraktivität außer der Erreichbarkeit.
- Sie vernachlässigen die unterschiedlichen Bedürfnisse von Haushalten nach Alter, Größe und Einkommen.
- Sie vernachlässigen die ökonomischen Bedingungen des Wohnungsmarkts (Bodenpreise, Hauspreise, Mieten).
- Sie ignorieren die verschiedenen Reaktionsgeschwindigkeiten von Bauinvestitionen, Umzügen und Verkehr.

46

### Vorschau

In den folgenden vier Veranstaltungen werden deshalb Modellansätze vorgestellt, die diese Defizite (zum Teil) überwinden:

- 09.06.2009 Modelle der Raum-Zeit-Geographie
- 16.06.2009 Multi-Agenten-Modelle
- 23.06.2009 Mikrosimulationsmodelle
- 30.06.2009 Modelle regionaler Wohnungsmärkte

47

### Weitere Informationen:

- Alonso, W. (1964): *Location and Land Use*. Cambridge, MA: Harvard University Press. Auszüge deutsch in: Barnbrock, J., Hg. (1975): *Materialien zur Ökonomie der Stadtplanung*. Bauwelt Fundamente 45. Braunschweig: Vieweg (LBS).
- Lowry, I.S. (1964): *A Model of Metropolis*. Santa Monica, CA: Rand Corporation (BR).
- Wilson, A.G. (1970): *Entropy in Urban and Regional Modelling*. London: Pion (BR).
- Wilson, A.G. (1974): *Urban and Regional Models in Geography and Planning*. London: Wiley (BR).
- Schürmann, C., Spiekermann, K. (2009): *Räumliche Wirkungen von Verkehrsprojekten: Ex post Analysen im stadträumlichen Kontext*. Dissertation an der Fakultät Raumplanung der Technischen Universität Dortmund.

48