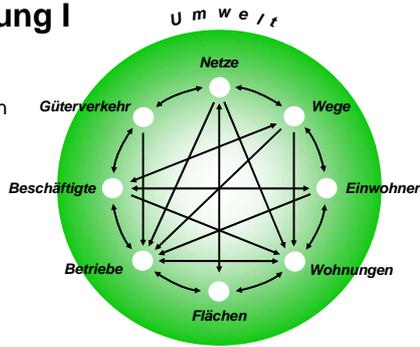


# Modelle in der Raumplanung I

Klaus Spiekermann  
Michael Wegener

13  
Flächennutzung  
und Verkehr I  
27. Januar 2009

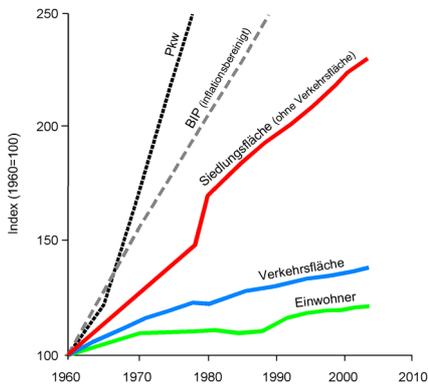


Lehrveranstaltung "Modelle in der Raumplanung" WS 2008/2009



## Flächenverbrauch in Deutschland 1960-2004

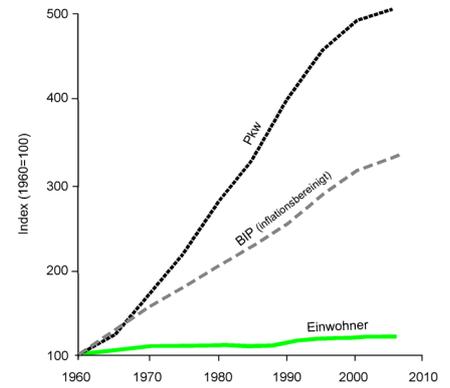
Quellen:  
Statistisches  
Bundesamt  
Statistisches  
Jahrbuch 2007;  
BBR (2005):  
Raumordnungs-  
bericht 2005;  
DIW (2005):  
Verkehr in Zahlen  
2005/2006



3

## Motorisierung in Deutschland 1960-2006

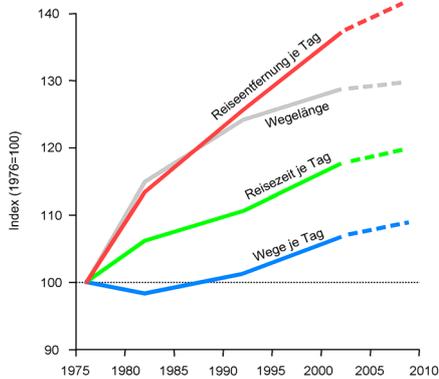
Quellen:  
Statistisches  
Bundesamt  
Statistisches  
Jahrbuch 2007;  
DIW (2005):  
Verkehr in Zahlen  
2005/2006



4

## Mobilität in Deutschland 1976-2008

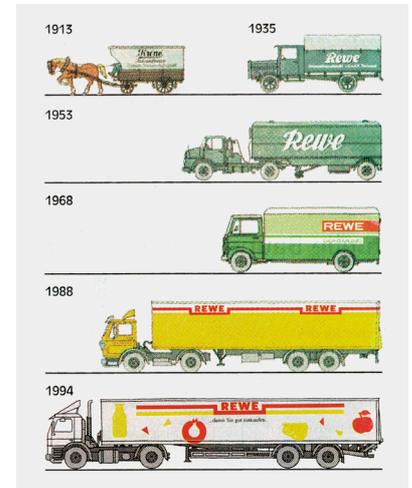
Quellen:  
KONTIV 1976;  
KONTIV 1982;  
BMV 1992;  
MID 2002;  
MID 2008 (vorl.)



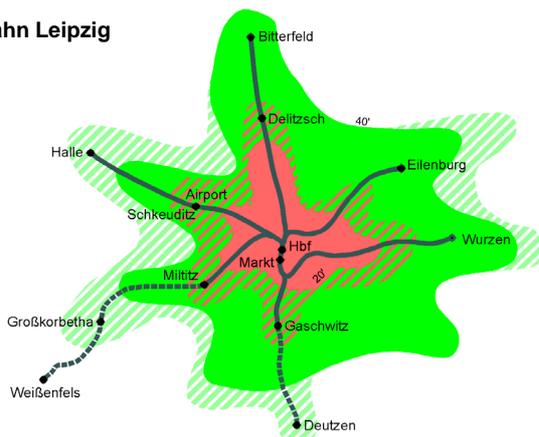
5

## Güterverkehr in der Stadt 1913-1994

6



## S-Bahn Leipzig



7

Quelle: Dedy, Schluf (2000)



8

## Theorieansätze

## Flächennutzung und Verkehr

### Flächennutzung beeinflusst Verkehr:

Die räumliche Trennung menschlicher **Aktivitäten** erzeugt Bedarf für **Verkehr** von Personen und Gütern.

### Beispiel:

Suburbanisierung führt zu zunehmender räumlicher Arbeitsteilung und somit Verkehr.



10

## Flächennutzung und Verkehr

### Verkehr beeinflusst Flächennutzung:

Die Entwicklung des **Verkehrssystems** beeinflusst die **Standortwahl** von Unternehmen und Haushalten.

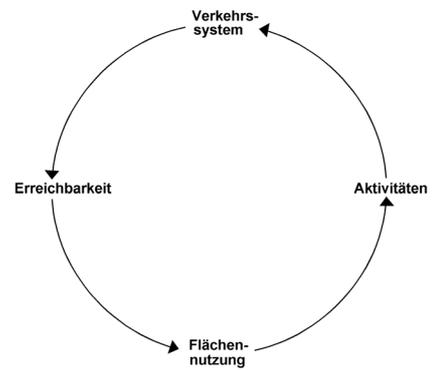
### Beispiel:

Durch das Auto ist fast jeder Ort in der Stadtregion gleich gut als Standort geeignet.



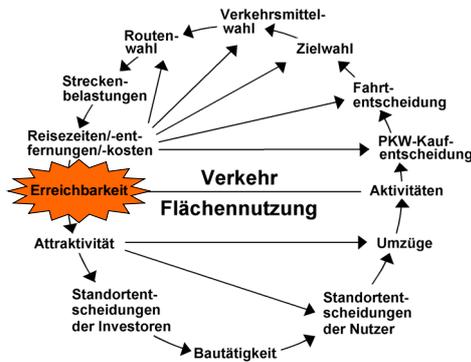
11

## Regelkreis Flächennutzung-Verkehr



12

## Regelkreis Flächennutzung-Verkehr



13

## "How accessibility shapes land use" (Hansen, 1956)

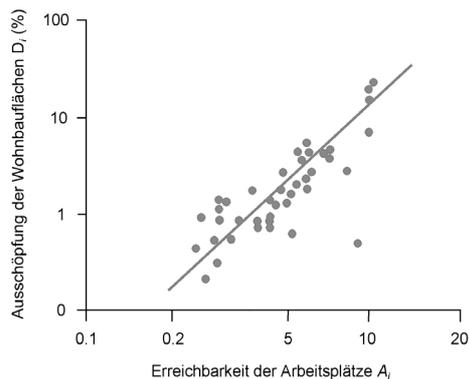
Gut erreichbare Wohnbauflächen werden eher bebaut als weniger gut erreichbare Flächen:

$$D_i = \frac{R_i}{R_i^{\text{pot}}} = k A_i^\gamma \quad \text{mit} \quad A_i = \sum_j \frac{E_j}{d_{ij}^\alpha}$$

Ausschöpfung der Wohnbauflächen in i (%)      Mögliche Wohnungen in i      Erreichbarkeit der Arbeitsplätze      Entfernung ij

14

## "How accessibility shapes land use" (Hansen, 1956)

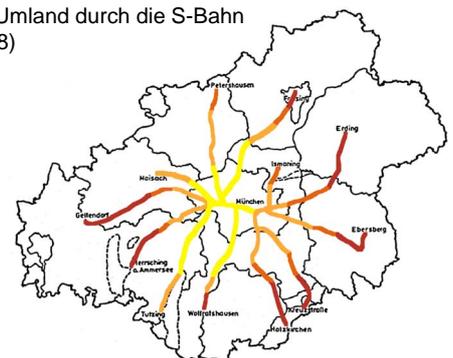


15

## Erreichbarkeit und Siedlungsentwicklung

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

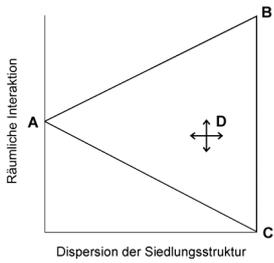
- 1 - 50 %
- 51 - 150 %
- 151 - 250 %
- über 250 %



16

**Brotchie-Dreieck (Brotchie, 1984)**

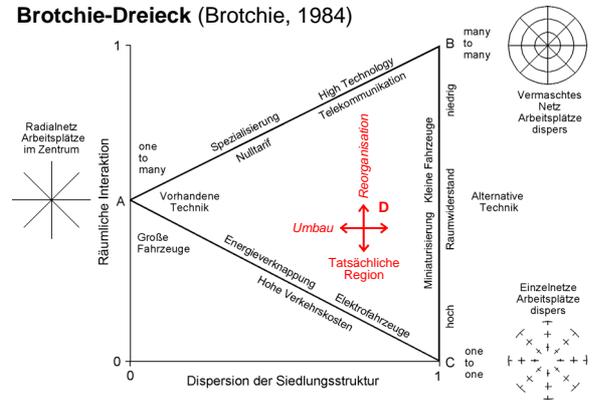
Das "Brotchie-Dreieck" erlaubt die Analyse der räumlichen Entwicklung einer Stadtregion nach ihrer **Dispersion der Siedlungsstruktur** und **räumlichen Interaktion**:



- A Alle Arbeitsplätze im Zentrum
- B Arbeitsplätze dispers, Verkehrskosten null
- C Arbeitsplätze dispers, Verkehrskosten hoch
- D Tatsächliche Region

17

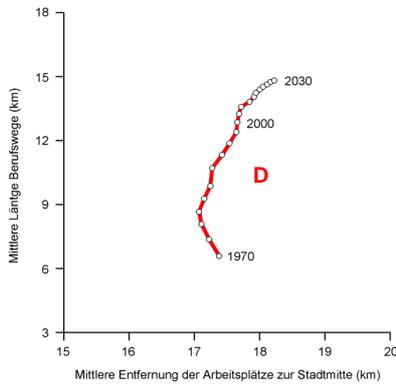
**Brotchie-Dreieck (Brotchie, 1984)**



18

**Brotchie-Dreieck: Region Dortmund**

Mittlere Länge Berufswege v. Dispersion der Arbeitsplätze 1970-2030



Quelle: Pkw-Fahrten im IRPUD-Modell

19

**Unified Mechanism of Travel (Zahavi, 1981)**

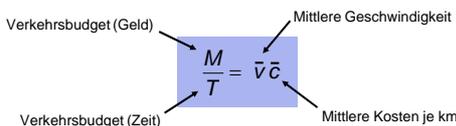
Aufgrund von Verkehrsdaten aus mehr als **100 Stadtregionen** weltweit stellte Zahavi die folgenden Hypothesen auf:

- (1) Haushalte berücksichtigen bei Wegeentscheidungen **Geld- und Zeitbudgets**.
- (2) Die Geld- und Zeitbudgets für Verkehr verändern sich nur **sehr langsam**.
- (3) Im Rahmen ihrer Geld- und Zeitbudgets **maximieren** Haushalte räumliche **Gelegenheiten** (d.h. Reiseentfernungen).

20

**Unified Mechanism of Travel (Zahavi, 1981)**

(4) Die "Grundgleichung des Verkehrs" lautet:



oder:

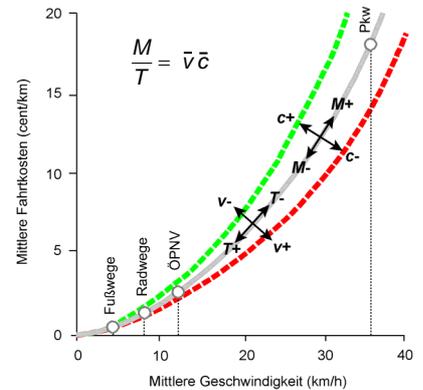
$$\bar{v} = \frac{M}{T \bar{c}} \left[ \frac{\text{€} \cdot \text{km}}{\text{h} \cdot \text{€}} \right]$$

$$\bar{c} = \frac{M}{T \bar{v}} \left[ \frac{\text{€} \cdot \text{h}}{\text{h} \cdot \text{km}} \right]$$

21

**Unified Mechanism of Travel (Zahavi, 1981)**

Wirkung von Verkehrsmaßnahmen auf mittlere Fahrtkosten und mittlere Geschwindigkeit



Quelle: Zahavi (1981)

22

**Unified Mechanism of Travel (Zahavi, 1981)**

Maßnahme	Auswirkungen auf					W	A
	Verkehr			Flächennutzung			
	$\bar{c}$	$\bar{v}$	$c^*$	$t^*$	$d^*$		
M+	+	+	+	0	+	→	→
M-	-	-	-	0	-	←	←
T+	-	-	0	+	+	→	→
T-	+	+	0	-	-	←	←
C+	+	-	0	0	-	←	←
C-	-	+	0	0	+	→	→
V+	-	+	0	0	+	→	→
V-	+	-	0	0	-	←	←

M Verkehrsbudget (Geld)  $\bar{c}$  Mittlere Kosten je km W Wohnen  
 T Verkehrsbudget (Zeit)  $\bar{v}$  Mittlere Geschwindigkeit A Arbeiten  
 c Kosten je km  $c^*$  Mittlere Kosten je Fahrt + Zunahme  
 v Geschwindigkeit  $t^*$  Mittlere Zeit je Fahrt - Abnahme  
 $d^*$  Mittlere Wegelänge 0 Kein Effekt  
 → Dispersion  
 ← Konzentration

23

**Das bedeutet ...**

- Wenn Verkehr **schneller** oder **billiger** wird, werden **mehr** und **längere** Wege gemacht.
- Wenn Verkehr **schneller** oder **billiger** wird, werden **weiter** entfernte Standorte gewählt.
- Mit steigendem Einkommen machen Haushalte **mehr** und **weitere** Wege und wählen **weiter** entfernte Standorte.
- Bei sinkenden Arbeitszeiten machen Haushalte **mehr** und **weitere** Wege und wählen **weiter** entfernte Standorte.
- Wenn all dies **zusammen** eintritt, machen Haushalte **mehr** und **weitere** Wege und wählen **weiter** entfernte Standorte.
- ... und wenn Verkehr **langsamer** oder **teurer** wird, tritt das Gegenteil ein.

24

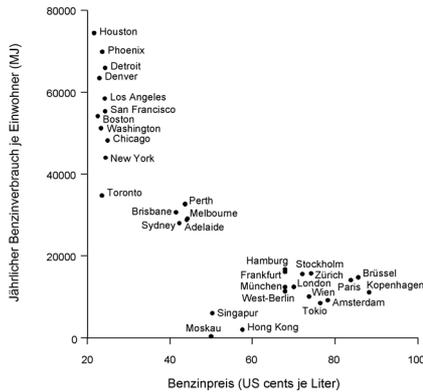
### Siedlungsdichte und Verkehrsaufkommen

Newman und Kenworthy (1989) untersuchten 32 Städte in vier Kontinenten und stellten eine signifikante statistische Korrelation zwischen der **Siedlungsdichte** und dem **Energieverbrauch für Verkehrszwecke** je Einwohner fest (Folie 26).

Ein ähnlich starker Zusammenhang ergibt sich jedoch, wenn man den Energieverbrauch für Verkehrszwecke als Funktion des **Kraftstoffpreises** darstellt (Folie 27).

25

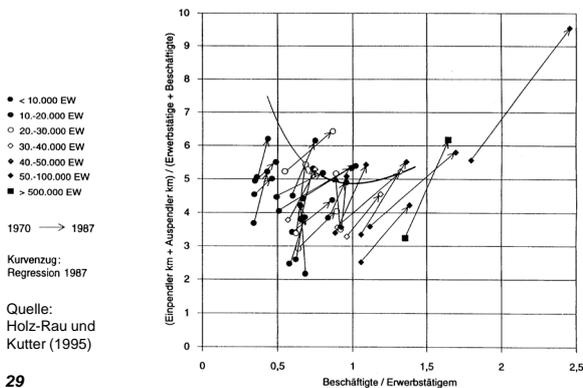
### Kraftstoffpreise und Verkehrsaufkommen



Quelle: nach Newman und Kenworthy (1989)

27

### Nutzungsmischung und Verkehrsaufkommen



Quelle: Holz-Rau und Kutter (1995)

29

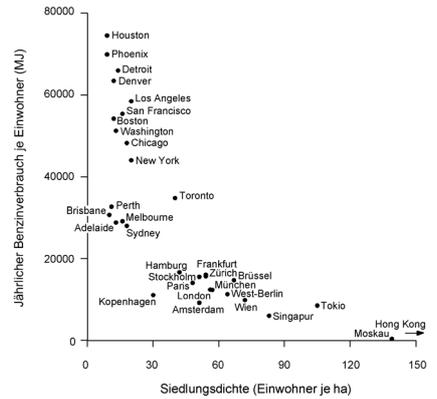
### Nutzungsmischung und Verkehrsaufkommen

Breheny (1993) demonstrierte, dass, wenn die suburbane Bevölkerung von England und Wales zwischen 1961 und 1991 nicht in die Umlandgemeinden gezogen sondern in den Kernstädten geblieben wäre, die gesamten Energieeinsparungen weniger als drei Prozent betragen hätten.

In einem Überblick über nordamerikanische Studien weisen Miller u.a. (1998) nach, dass die Bedeutung des Faktors Dichte abnimmt, wenn weitere Erklärungsfaktoren wie sozioökonomische Merkmale der Verkehrsteilnehmer, Bedienungsqualität im öffentlichen Nahverkehr oder Pkw-Besitz berücksichtigt werden.

31

### Siedlungsdichte und Verkehrsaufkommen



Quelle: Newman und Kenworthy (1989)

26

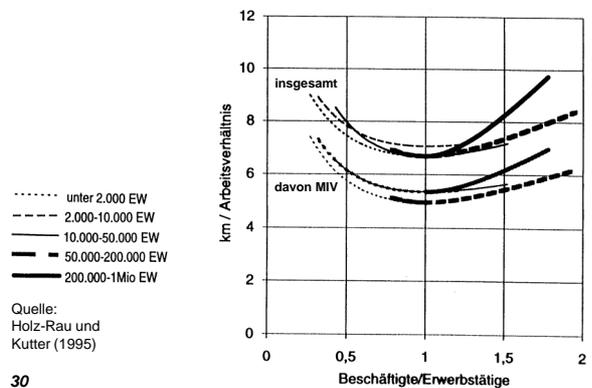
### Nutzungsmischung und Verkehrsaufkommen

Holz-Rau und Kutter (1995) stellten beim Vergleich Stuttgarter Stadtbezirke fest, dass sich Unterschiede in den zurückgelegten **Entfernungen** nur teilweise auf bauliche Strukturen zurückführen lassen:

- Beim **Einkaufsverkehr** lassen sie sich weitgehend aus den jeweiligen Angebotsstrukturen ableiten.
- Beim **Freizeitverkehr** dominieren soziale Komponenten, die aber oft aus Standortentscheidungen resultieren.
- Beim **Berufsverkehr** spielen die Entfernung zur Innenstadt und das Angebot an Arbeitsplätzen im Nahbereich die entscheidende Rolle.

28

### Nutzungsmischung und Verkehrsaufkommen



Quelle: Holz-Rau und Kutter (1995)

30

### Nutzungsmischung und Verkehrsaufkommen

Kagermeier (1997) stellte am Beispiel des Großraums München fest, dass Nutzungsmischung zusammen mit einer dichten und kompakten städtebaulichen Gestaltung zwar für eine geringere Pkw-Nutzung im Binnenverkehr, weniger aber für den Verkehrsaufwand von Bedeutung ist. Die entscheidenden Variablen für den Verkehrsaufwand sind die Entfernungen zwischen der Kernstadt und den nachrangigen Zentren.

32

### Wirkungen Flächennutzung → Verkehr

Einflussgröße	Zielgröße	Wirkungen
Einwohnerdichte	Wegelänge	Höhere Einwohnerdichte bewirkt nur geringfügig kürzere Wege.
	Wegezahl	Keine Wirkung nachgewiesen.
	Verkehrsmittelwahl	Höhere Einwohnerdichte bewirkt stärkere Nutzung des ÖPNV und geringere Autonutzung.
Arbeitsplatzdichte	Wegelänge	Arbeitsplatzangebot im Nahbereich führt zu kürzeren Berufswegen.
	Wegezahl	Keine Wirkung nachgewiesen.
	Verkehrsmittelwahl	Höhere Arbeitsplatzdichte bewirkt stärkere Nutzung des ÖPNV und geringere Autonutzung.

33

### Wirkungen Flächennutzung → Verkehr

Einflussgröße	Zielgröße	Wirkungen
Nutzungs- mischung	Wegelänge	Ein vielfältiges Angebot an Waren und Dienstleistungen im Nahbereich führt zu kürzeren Wegen.
	Wegezahl	Keine Wirkung nachgewiesen.
	Verkehrsmittelwahl	Vielfältiges Angebot im Nahbereich führt zu mehr Fuß- und Radwegen.
Gestaltung des Nahbereichs	Wegelänge	Attraktive, fußgängerfreundliche öffentliche Räume bewirken mehr Wege im Nahbereich.
	Wegezahl	Keine Wirkung nachgewiesen.
	Verkehrsmittelwahl	Attraktive, fußgängerfreundliche öffentliche Räume bewirken mehr Fuß- und Radwege.

34

### Wirkungen Flächennutzung → Verkehr

Einflussgröße	Zielgröße	Wirkungen
Standorte	Wegelänge	Nähe zu Arbeitsplätzen führt zu kürzeren Berufswegen.
	Wegezahl	Keine Wirkung nachgewiesen.
	Verkehrsmittelwahl	Nähe zu Haltestellen ist wichtig für ÖPNV-Nutzung.
Stadtgröße	Wegelänge	Wegelängen sind am kürzesten in großen Stadtregionen und am längsten in ländlichen Siedlungen.
	Wegezahl	Keine Wirkung nachgewiesen.
	Verkehrsmittelwahl	Die Benutzung des ÖPNV ist am stärksten in großen Städten und am geringsten in ländlichen Siedlungen.

35

### Wirkungen Verkehr → Flächennutzung

Einflussgröße	Zielgröße	Wirkungen
Erreichbarkeit	Standortwahl Wohnungen	Gut erreichbare Standorte werden eher entwickelt. Verbesserung der Erreichbarkeit fördert Zersiedlung.
	Standortwahl Gewerbe	Autobahnanschluss ist wichtig für Gewerbebetriebe; für High-tech-Betriebe Flughafennähe.
	Standortwahl Büros	Bevorzugte Bürostandorte sind in der Innenstadt oder in Büroparks mit gutem Zugang zu ICE-Bahnhof und Flughafen.
	Standortwahl Einzelhandel	Bevorzugte Einzelhandelsstandorte sind Innenstadtlagen mit sehr gutem ÖPNV-Anschluss oder Randlagen mit sehr guter Autoerreichbarkeit.

36

### Wirkungen Verkehr → Verkehr

Einflussgröße	Zielgröße	Wirkungen
Fahrtkosten	Wegelänge	Die Preiselastizität der Wegelänge liegt im Bereich von -0,3.
	Wegezahl	Wirkungen bisher wenig untersucht.
	Verkehrsmittelwahl	Kostendifferenzen beeinflussen die Verkehrsmittelwahl. Nulltarif im ÖV lockt nur wenige Autofahrer an.
Reisezeit	Wegelänge	Reisezeitgewinne durch schnellere Verkehrsmittel werden zum Teil für längere Wege verwendet.
	Wegezahl	Reisezeitgewinne werden zum Teil für mehr Wege verwendet.
	Verkehrsmittelwahl	Reisezeitverbesserungen bewirken Änderungen der Verkehrsmittelwahl.

37

### Wirkungen Verkehr → Verkehr

Einflussgröße	Zielgröße	Wirkungen
Verkehrsbudget (Geld)	Wegelänge	Einkommenssteigerungen führen zu längeren Wegen.
	Wegezahl	Wirkungen bisher wenig untersucht.
	Verkehrsmittelwahl	Höheres Einkommen führt zu Bevorzugung teurer Verkehrsmittel; Armut zwingt zu billigen Verkehrsmitteln.
Verkehrsbudget (Zeit)	Wegelänge	Zusätzliche freie Zeit wird zum Teil für längere Wege verwendet.
	Wegezahl	Zusätzliche freie Zeit wird zum Teil für mehr Wege verwendet.
	Verkehrsmittelwahl	Zusätzliche freie Zeit erlaubt Fuß- und Radwege, Zeitmangel zwingt zur Benutzung des Autos.

38

### Integrierte Modelle der Stadt- und Verkehrsentwicklung

### Mathematische Modelle

Die Wechselwirkungen zwischen **Flächennutzung** und **Verkehr** erfordern eine enge Koordination von **Flächennutzungs- und Verkehrsplanung**. Zur Abschätzung der Wechselwirkungen gibt es **drei** Möglichkeiten:

- **Befragung** von Menschen, wie sie ihr Mobilitätsverhalten bei Änderung der Rahmenbedingungen ändern würden ("**stated preference**")
- **Beobachtung** des Mobilitätsverhaltens von Menschen bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen ("**revealed preference**")
- **Simulation** menschlichen Mobilitätsverhaltens in **mathematischen Modellen**.

40

## Mathematische Modelle

**Mathematische Modelle** sind die einzige Möglichkeit,

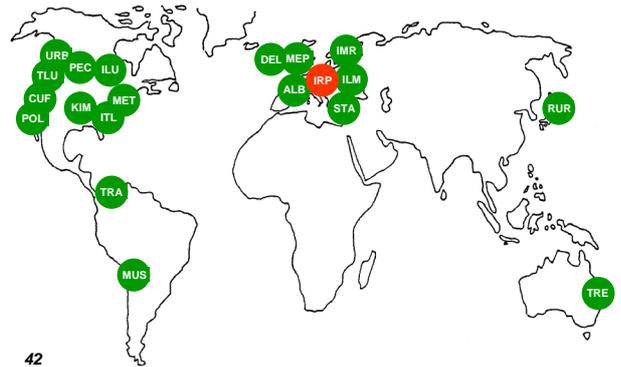
- Vorhersagen für noch **unbekannte** zukünftige Situationen zu machen,
- die Auswirkungen eines **einzelnen** Einflussfaktors abzuschätzen, während alle anderen Einflussfaktoren gleich gehalten werden.

Es gibt heute in der Welt eine größere Zahl **integrierter Modelle der Stadt- und Verkehrsentwicklung**.

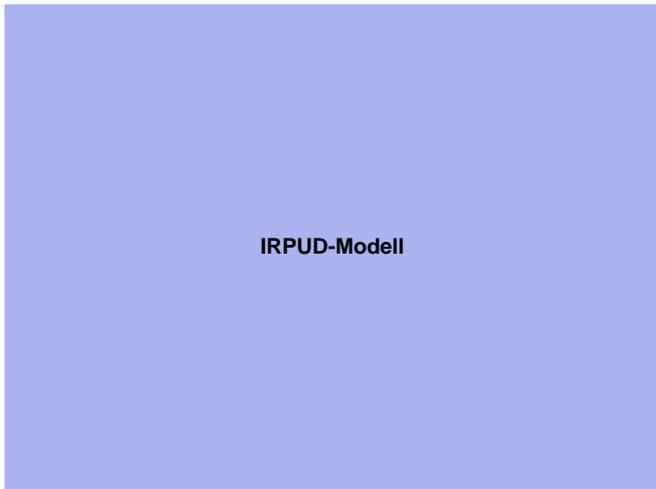
Sie unterscheiden sich in **Struktur, Grad der Integration, Theorie, Modelltechnik, Dynamik, Datenanforderungen** und **Modelleichtung**.

41

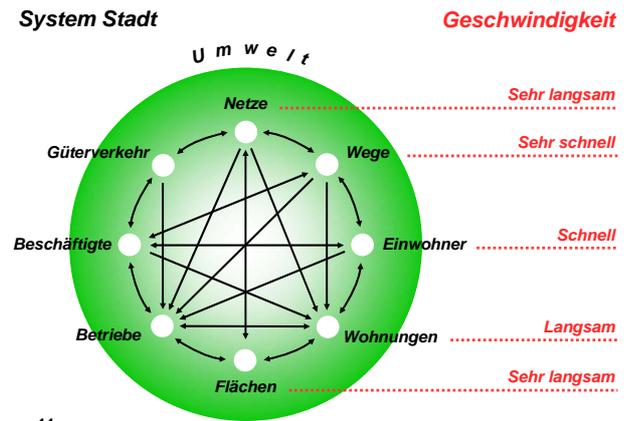
## Modelle der Stadt- und Verkehrsentwicklung



42



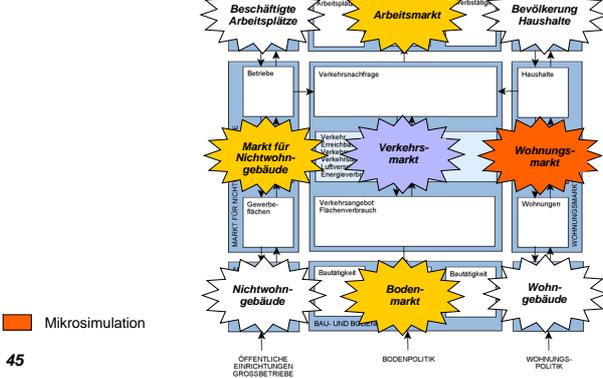
## System Stadt



44

## IRPUD-Modell

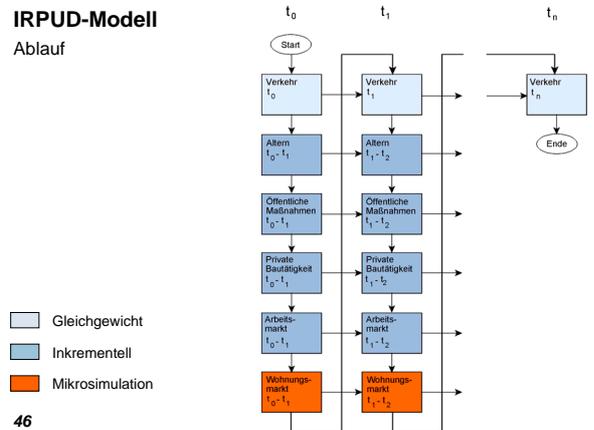
Teilmodelle



45

## IRPUD-Modell

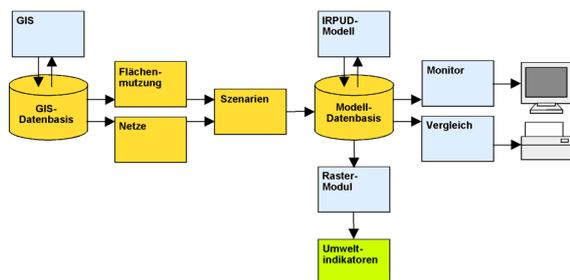
Ablauf



46

## IRPUD-Modell

Software



47

## Weitere Literatur

IRPUD-Modell: <http://www.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/pro/mod/mod.htm>.

Wegener, M., Fürst, F. (1999): *Land-Use Transport Interaction: State of the Art*. Berichte aus dem Institut für Raumplanung 46. Dortmund: Institut für Raumplanung. <http://www.raumplanung.uni-dortmund.de/irpud/fileadmin/irpud/content/documents/publications/ber46.pdf>.

Wegener, M. (2004): Overview of land-use transport models. In: Hensher, D.A., Button, K.J. (Hg.): *Transport Geography and Spatial Systems. Handbook in Transport 5*. Kidlington: Pergamon/Elsevier Science, 127-146. [http://www.spiekermann-wegener.de/pub/pdf/MW\\_Handbook\\_in\\_Transport.pdf](http://www.spiekermann-wegener.de/pub/pdf/MW_Handbook_in_Transport.pdf).

48