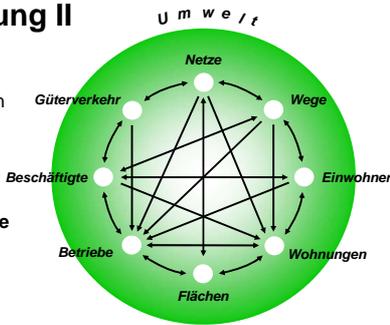


Modelle in der Raumplanung II

Klaus Spiekermann
Michael Wegener

14
Integrierte Modelle der räumlichen Stadtentwicklung
21. Juli 2009



Lehrveranstaltung "Modelle in der Raumplanung" Sommer 2009



Definition

Integrierte Modelle der räumlichen Stadtentwicklung sind **mathematische Modelle**, in denen die **Wirkungszusammenhänge** zwischen den städtischen Funktionen

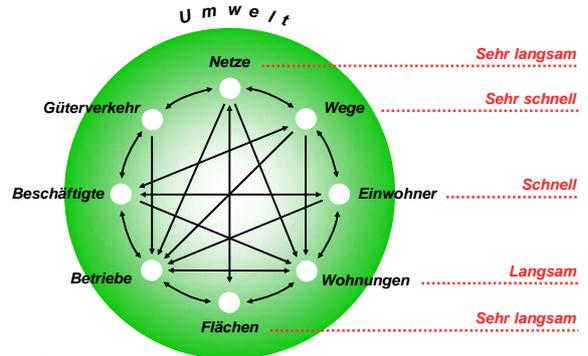
- Einwohner
- Arbeitsplätze
- Wohngebäude
- Gewerbegebäude
- Flächennutzung
- Verkehr
- Umwelt

im Zeitablauf abgebildet werden, um die Auswirkungen von Planungsmaßnahmen in den Bereichen **Flächennutzung**, **Verkehr** und **Umwelt** im voraus abzuschätzen.

3

System Stadt

Geschwindigkeit



4

Mathematische Modelle sind die einzige Möglichkeit,

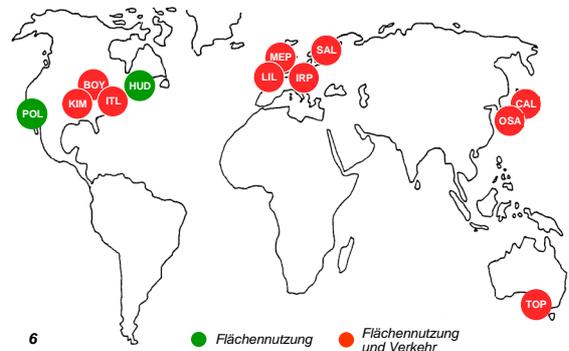
- Vorhersagen für noch **unbekannte** Situationen zu machen,
- die Auswirkungen eines **einzelnen** Einflussfaktors abzuschätzen, während alle anderen Einflussfaktoren gleich gehalten werden.

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

Sie unterscheiden sich in Bezug auf **Integration, Struktur, Theorie, Dynamik, Modelltechnik, GIS-Integration** und **Anwendbarkeit**.

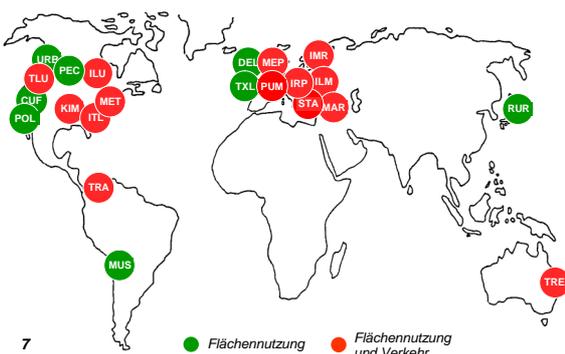
5

Integrierte Stadtentwicklungsmodelle 1980



6

Integrierte Stadtentwicklungsmodelle heute



7

Integrierte Stadtentwicklungsmodelle heute

- | | | | | | |
|-----|---------|-----|----------|-----|-----------|
| CUF | CUFM | MAR | MARS | STA | STASA |
| DEL | DELTA | MEP | MEPLAN | TLU | TLUMIP |
| ILM | ILUMASS | MET | METROSIM | TRA | TRANUS |
| ILU | ILUTE | MUS | MUSSA | TXL | TIGRIS XL |
| IMR | IMREL | PEC | PECAS | TRE | TRESIS |
| IRP | IRPUD | POL | POLIS | URB | URBANSIM |
| ITL | IITLUP | PUM | PUMA | | |
| KIM | Kim | RUR | RURBAN | | |

8

**Modellbeispiel 1:
MEPLAN**

MEPLAN (Echenique u.a., 1990)

Das Modell MEPLAN ist seit den sechziger Jahren an der **Universität Cambridge** entwickelt worden.

Das Modell beruht auf einer Erweiterung des Prinzips der **multiregionalen Input-Output-Analyse** (vgl. 4. Vorlesung im Wintersemester) durch Einführung der **privaten Haushalte** als Wirtschaftssektoren.

Hierdurch wird es möglich, die Standorte von Wohnungen und Arbeitsplätzen und die Verkehrsbeziehungen zwischen ihnen als **Gleichgewicht** auf regionalen **Immobilien-** und **Verkehrsmärkten** zu simulieren.

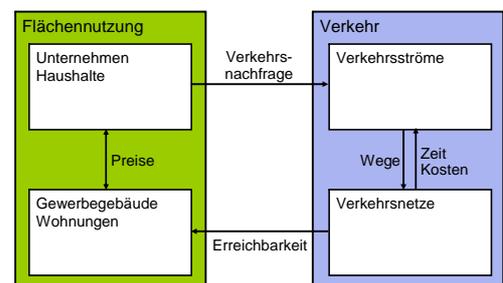
MEPLAN ist für Europa, einzelne Länder und Regionen und zahlreiche Stadtregionen in Europa angewendet worden.

MEPLAN (Echenique u.a., 1990)

Erweiterte Input-Output-Tabelle einer Region

Inputs	Sektor 1	Sektor j	Sektor J	Haus-halte	Expote Staat	End-nach-frage	Gesamt-output
Outputs							
Sektor 1							
Sektor j							
Sektor J							
Haus-halte							
Importe Staat							
Gesamt-input							

MEPLAN (Echenique u.a., 1990)



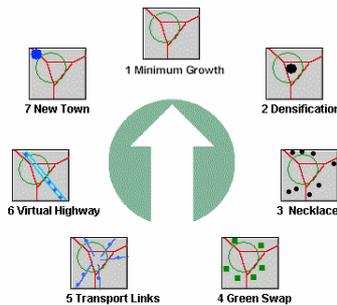
MEPLAN (Echenique u.a., 1990)

Cambridge Futures

"How will Cambridge develop over the next 50 years?"

A computer model was used to simulate the effects of seven different planning scenarios.

The impacts of each of these scenarios were evaluated in terms of **economic efficiency**, **social equity** and **environmental quality**.



Quelle: <http://www.cambridgefutures.org/>

**Modellbeispiel 2:
UrbanSim**

UrbanSim (Waddell, 2008)

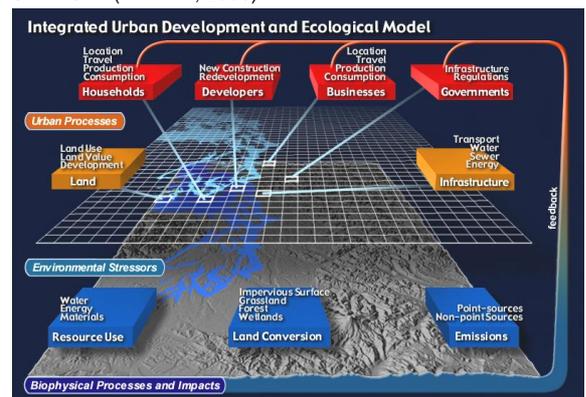
Das Modell UrbanSim wurde in den 1990er Jahren an der **University of Washington** in Seattle entwickelt.

Hauptziel des Modells ist es, die durch die amerikanische Umweltschutzgesetze geforderte **Koordination** zwischen **Flächennutzungs-**, **Verkehrs-** und **Umweltplanung** zu ermöglichen.

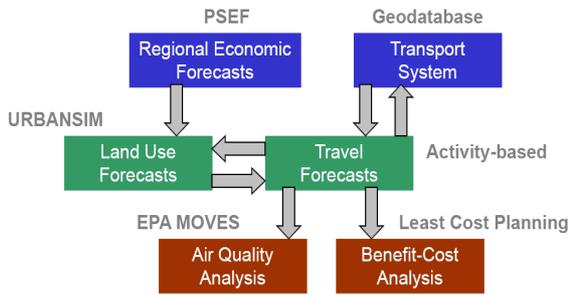
UrbanSim ist in zahlreichen nordamerikanischen Städten und inzwischen auch in mehrere **europäischen Städten** (Amsterdam, Brüssel, Lyon, Paris, Rom, Turin, Zürich) angewendet worden.

UrbanSim ist als **Open Source Software** im Internet verfügbar (<http://www.urbansim.org>).

UrbanSim (Waddell, 2008)

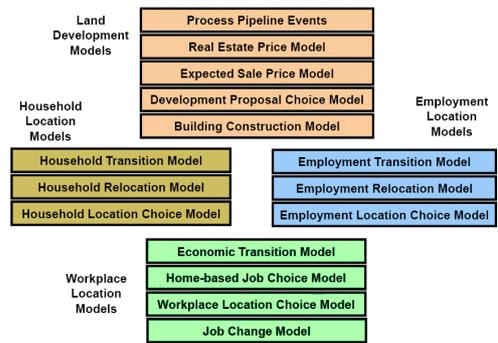


UrbanSim (Waddell, 2008)



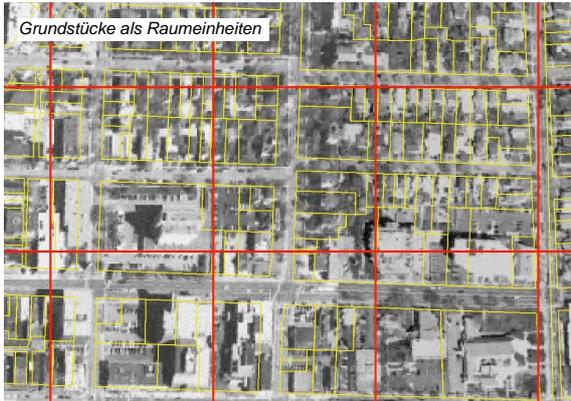
17

UrbanSim (Waddell, 2008)

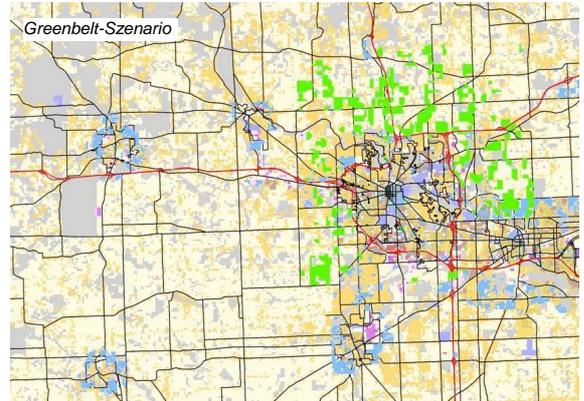


18

UrbanSim (Waddell, 2008)



UrbanSim (Waddell, 2008)



**Modellbeispiel 3:
IRPUD-Modell**

IRPUD-Modell

Das IRPUD-Modell wurde am Institut für Raumplanung der **Universität Dortmund** (IRPUD) entwickelt.

Das IRPUD-Modell prognostiziert die **Wechselwirkungen** zwischen **Flächennutzung und Verkehr** wie

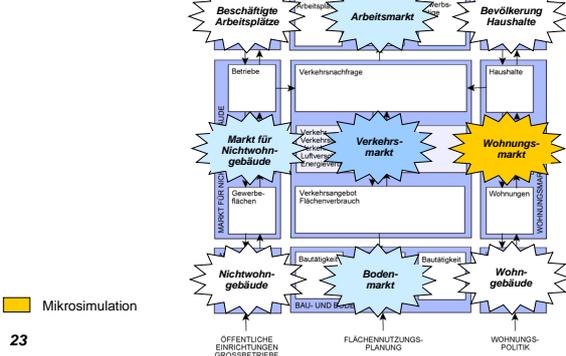
- **intra-regionale Standortentscheidungen** von Unternehmen, Wohnungsbauinvestoren und Haushalten,
- die resultierenden **Wanderungen und Verkehrsströme**,
- die Entwicklung der **Bautätigkeit und Flächennutzung**,
- die Wirkung von Planungsmaßnahmen in den Bereichen **Bauleitplanung, Arbeitsplätze, Wohnen und Verkehr**.

Das IRPUD-Modell ist bisher nur für die **Stadtregion Dortmund** im östlichen Ruhrgebiet angewendet worden

22

IRPUD-Modell

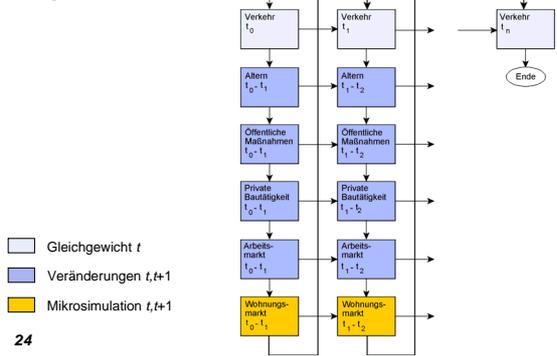
Teilmodelle



23

IRPUD-Modell

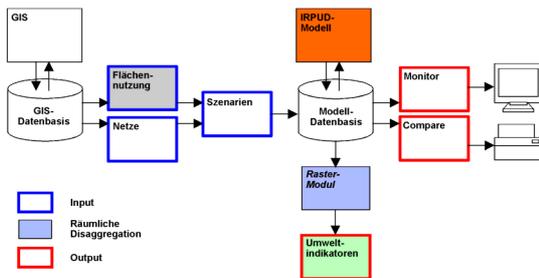
Abfolge der Teilmodelle



24

IRPUD-Modell

Software



25

PROPOLIS: Szenarien (1)

- 000 Referenzszenario
- 111-112 Infrastruktur
 - 111 Öffentlicher Personennahverkehr
 - 112 'Dortmund Project'
- 211-219 Pkw-Kosten
 - 211 Pkw-Kosten +25%
 - 212 Pkw-Kosten +50%
 - 213 Pkw-Kosten +100%
 - 214 Pkw-Kosten +75%
 - 219 Pkw-Kosten +300%
- 221-222 Parkkosten
 - 221 Parkkosten +50%
 - 222 Parkkosten +100%
- 231-232 Innenstadt-Maut
 - 231 Innenstadt-Maut 2 €
 - 232 Innenstadt-Maut 6 €

26

PROPOLIS: Szenarien (2)

- 311-321 Pkw-Geschwindigkeit
 - 311 Höchstgeschwindigkeit -10% überall
 - 321 Höchstgeschwindigkeit -20% örtlich
- 411-421 ÖPNV-Reisezeiten/Fahrpreise
 - 411 ÖPNV-Reisezeiten -10%
 - 412 ÖPNV-Reisezeiten -5%
 - 421 ÖPNV-Fahrpreise -50%
- 511-541 Flächennutzung
 - 511 Innenverdichtung
 - 521 Entwicklung an S-Bahnhöfen
 - 541 'Urban Growth Boundary'
- 711-719 Kombinationsszenarien
 - 711 Szenarien 214+421
 - 712 Szenarien 214+412+421
 - 713 Szenarien 214+412+421+521
 - 719 Szenarien 219+412+421+541

27

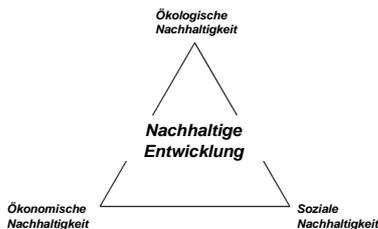
PROPOLIS: Synergien zwischen Maßnahmen

	Differenz zum Referenzszenario in 2021 (%)						
	Anzahl Wege	Wege-länge	Anteil ÖPNV	Anteil Pkw	Pkw-km	Pkw-Besitz	CO ₂
214 Pkw-Kosten +75%	-2,78	-14,77	+6,49	-3,61	-20,98	-6,24	-18,89
412 ÖPNV-Reisezeit -5%	0,00	+0,02	+1,15	-0,06	-0,12	-0,05	-0,04
421 ÖPNV-Fahrpreise -50%	+0,75	+2,49	+11,84	-0,42	-0,68	+1,95	+1,62
521 Entwicklung an S-Bahnhöfen	+0,01	-1,43	+1,01	-0,01	-0,46	+0,01	-0,35
Summe	-2,02	-13,69	+20,19	-4,10	-21,32	-4,33	-17,66
713 (214+412+421+521)	-1,93	-11,56	+27,45	-4,96	-23,28	-3,81	-17,61
Synergie			+7,26	-0,86	-1,96		

PROPOLIS: Nachhaltigkeit

Nachhaltige Entwicklung besteht aus drei Elementen:

- **ökologische** Nachhaltigkeit
- **soziale** Nachhaltigkeit
- **ökonomische** Nachhaltigkeit



29

PROPOLIS: Ökologische Indikatoren

- Globaler Klimawandel**: Treibhausgasemissionen durch Verkehr
- Luftverschmutzung**: Säurehaltige Gasemissionen durch Verkehr
VOC-Emissionen durch Verkehr
- Ressourcenverbrauch**: Verbrauch von Mineralölprodukten
Freiraumverbrauch
Neubaubedarf
- Umweltqualität**: Fragmentierung des Freiraums
Qualität des Freiraums

30

PROPOLIS: Soziale Indikatoren

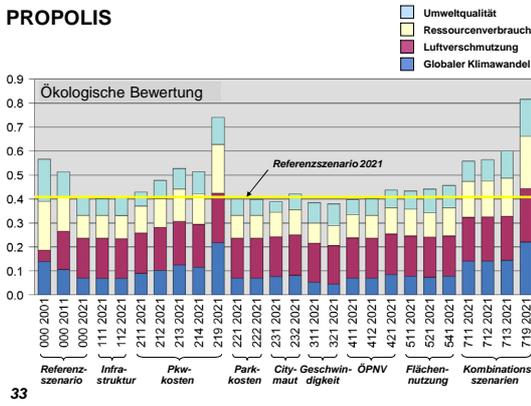
- Gesundheit**: Staubbelastung durch Verkehr am Wohnort
Belastung durch NO₂ am Wohnort
Belästigung durch Verkehrslärm
Tote durch Verkehrsunfälle
Verletzte durch Verkehrsunfälle
- Gerechtigkeit**: Verteilungsgerechtigkeit der monetären Nutzen
Verteilungsgerechtigkeit Staubbelastung
Verteilungsgerechtigkeit Belastung durch NO₂
Verteilungsgerechtigkeit der Lärmbelastung
Soziale räumliche Segregation
- Gelegenheiten**: Wohnungsqualität und -ausstattung
Vitalität des Stadtzentrums
Vitalität des Umlands
Produktivität der Landwirtschaft
- Erreichbarkeit**: Gesamtzeitaufwand für Verkehr
Qualität des öffentlichen Personennahverkehrs
Erreichbarkeit der Innenstadt
Erreichbarkeit der Dienstleistungen
Erreichbarkeit des Freiraums

PROPOLIS: Ökonomische Indikatoren

- Monetärer Gesamtnutzen des Verkehrs**: Verkehrsinvestitionen
Monetärer Nutzen der Verkehrsteilnehmer
Monetärer Nutzen der Verkehrsunternehmen
Monetärer Nutzen der Gebietskörperschaften
Externe Kosten der Verkehrsunfälle
Externe Kosten der Luftverschmutzung
Externe Kosten der Treibhausgasemissionen
Externe Kosten des Verkehrslärms

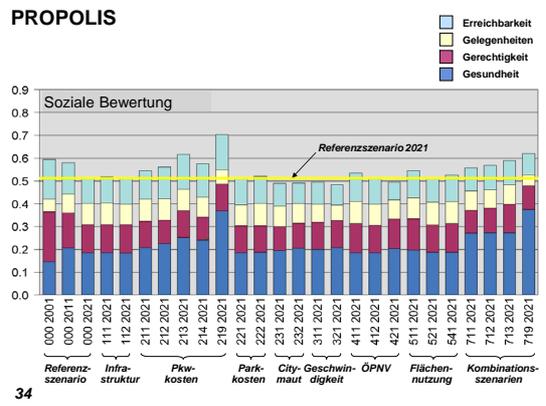
32

PROPOLIS



33

PROPOLIS



34



**Modellbeispiel 4:
ILUMASS**

Das ILUMASS-Modell

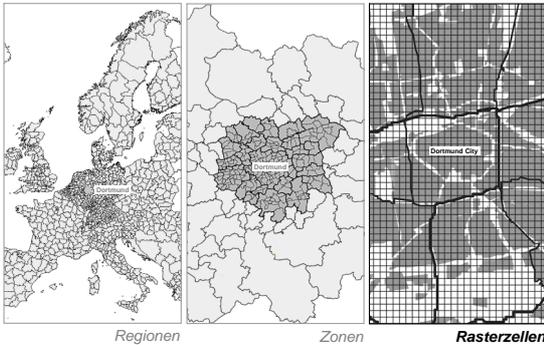
Das ILUMASS-Modell wurde in dem deutschen Projekt **ILUMASS** (Integrated Land-Use Modelling and Transport Systems Simulation) entwickelt.

Das ILUMASS-Modell verknüpfte ein mikroskopisches dynamisches **Verkehrsflussmodell** mit einem mikroskopischen **Flächennutzungsmodell** und einem Modell der kleinräumigen **Umweltauswirkungen**.

Für die Erprobung der **Flächennutzungsmodell** des ILUMASS-Modells wurden die Verkehrs- und Umweltauswirkungsmodelle des ILUMASS-Modells durch einfachere Teilmodelle des IRPUD-Modells ersetzt. Das Ergebnis ist das **Kleine ILUMASS-Modell**.

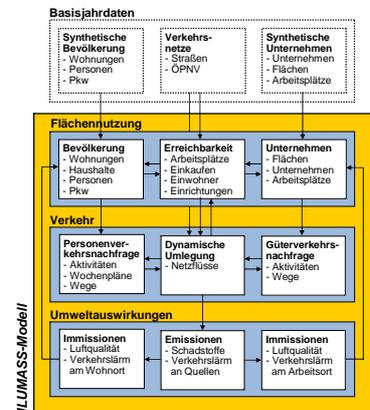
36

Modellebenen



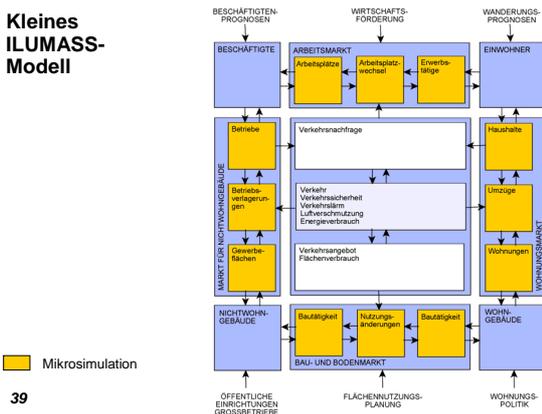
37

ILUMASS-Modell



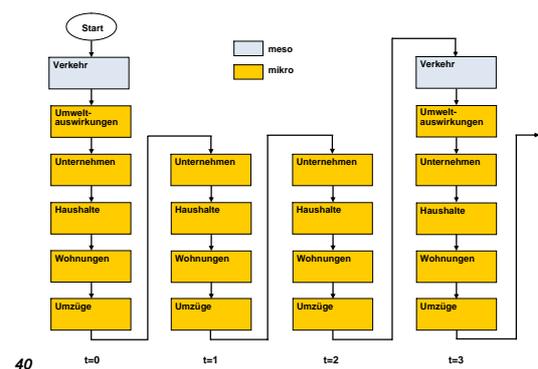
38

Kleines ILUMASS-Modell



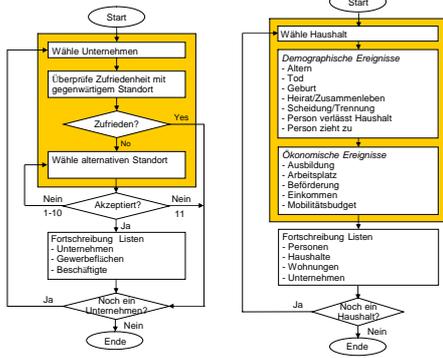
39

Kleines ILUMASS-Modell: Ablauf



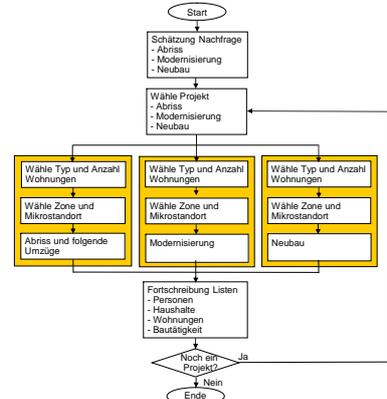
40

Unternehmen und Haushalte



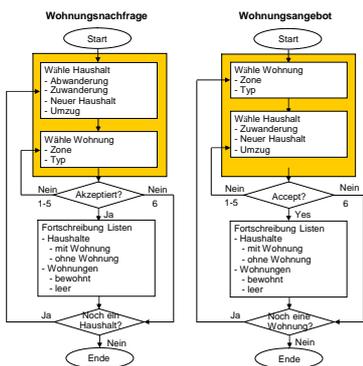
41

Wohnungen



42

Umzüge

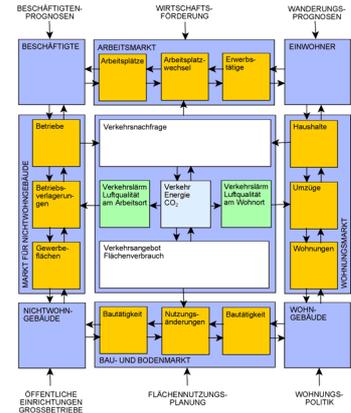


43

Kleines ILUMASS-Modell

Umweltauswirkungen

44



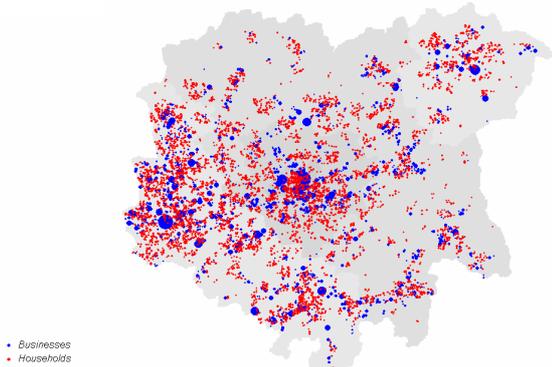
Typischer Modellauf: Kleines ILUMASS-Modell

Modelldimensionen

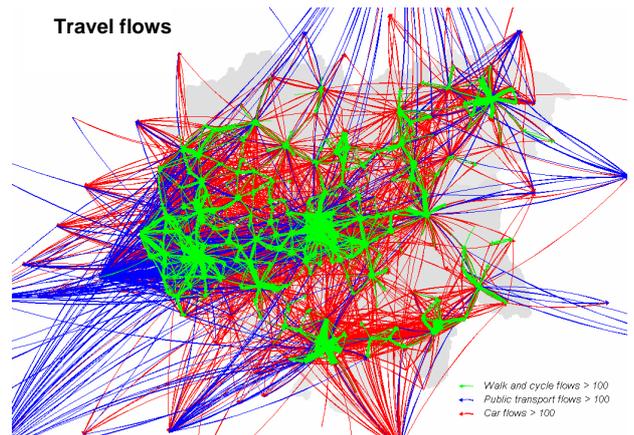
- 1.2 Millionen Haushalte
- 2.6 Millionen Personen
- 1.2 Millionen Wohnungen
- 80.000 Unternehmen
- 92.000 Gewerbegrundstücke
- 8.400 Strecken im öffentlichen Nahverkehr
- 848 Linien im öffentlichen Nahverkehr
- 13.000 Strecken im Straßennetz
- 246/54 Interne/externe Zonen
- 209.000 Rasterzellen
- 30 Simulationsperioden (Jahre)
- 90 Minuten Rechenzeit

46

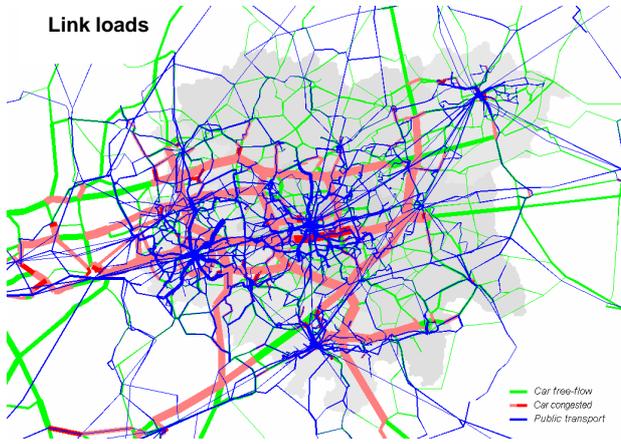
Micro data



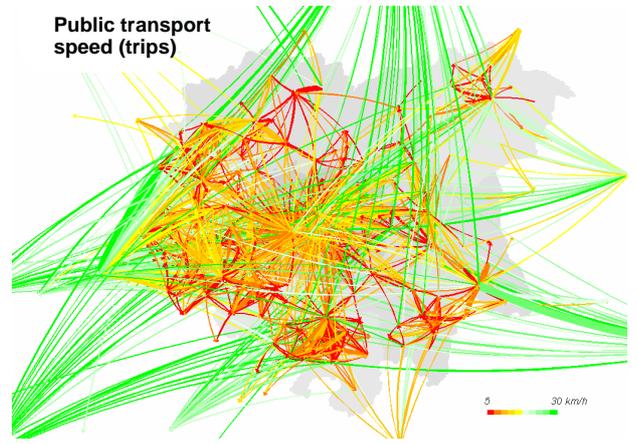
Travel flows



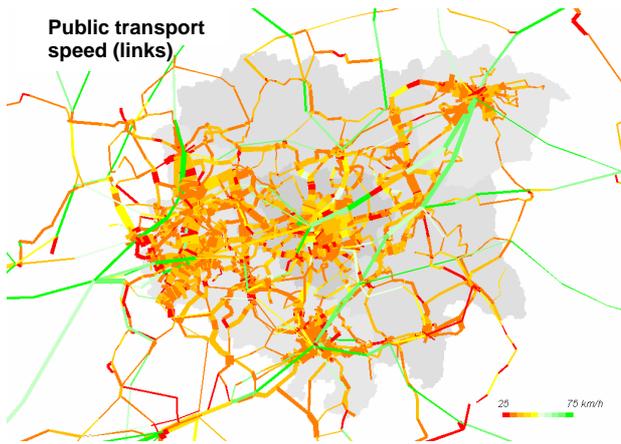
Link loads



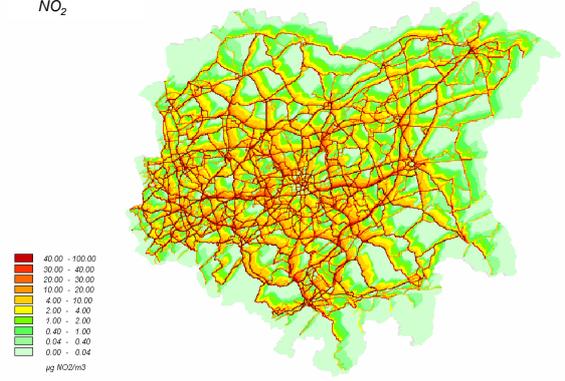
Public transport speed (trips)



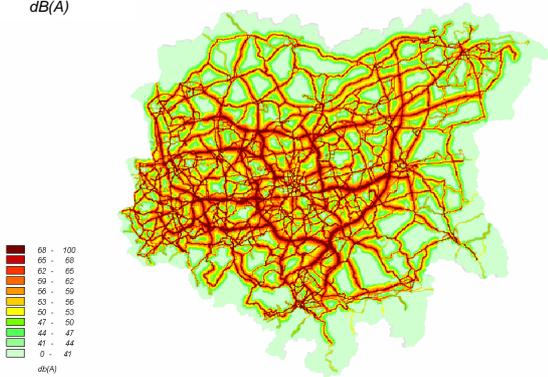
Public transport speed (links)



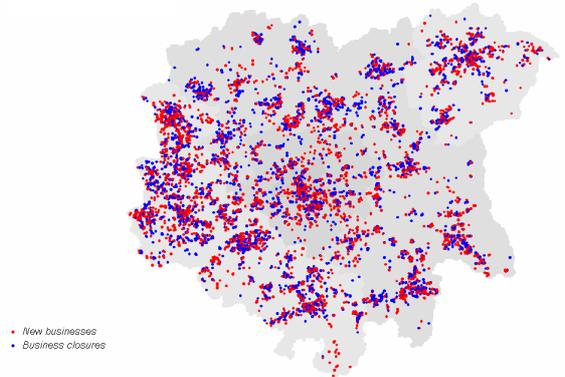
Air quality NO₂



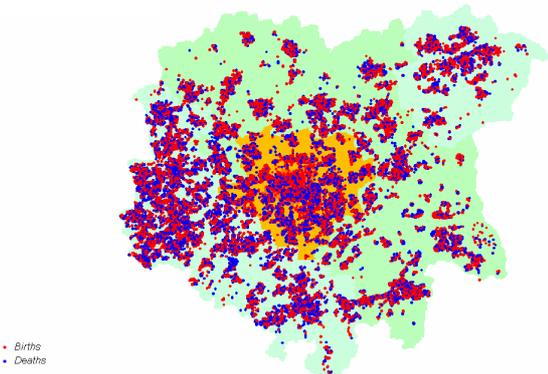
Traffic noise dB(A)



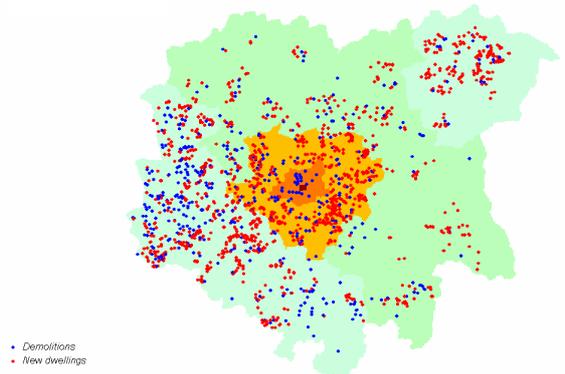
Firms



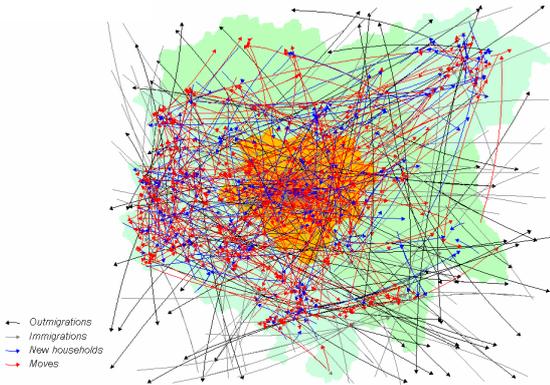
Households



Dwellings



Moves



Aber ...

Bis heute gibt es **kein einsatzfähiges Mikrosimulationsmodell** der städtischen Siedlungs-, Verkehrs- und Umweltentwicklung.

Es gibt noch zahlreiche **ungelöste Probleme** bezüglich der **Schnittstellen** zwischen den Teilmodellen.

Die **Rückkopplung** zwischen **Siedlungsentwicklung** und **Umweltqualität** ist noch nicht realisiert.

Schwerwiegende Probleme der **Eichung, Stabilität** und Vermeidung **stochastischer Fluktuationen** sind ungelöst.

Die **Rechenzeiten** der Mikrosimulationsmodelle sind noch viel zu lang.

59

Schlusswort

Modelle in der Raumplanung

Angesichts der **epochalen neuen Herausforderungen** wie **Globalisierung, Klimawandel, Energiewende, Bevölkerungsrückgang** und der absehbaren endgültigen **Grenzen des Wachstums** der **reichsten Länder der Welt** werden **Langfristprognosen** immer wichtiger.

Modelle der langfristigen Entwicklung von Siedlungsstrukturen, Mobilität und Umwelt sollten daher einen angemessenen Platz in **Forschung** und **Lehre** in der Raumplanung einnehmen.

63

Vorteile der Mikrosimulation

Mikrosimulationsmodelle verbessern Simulationsmodelle der räumlichen Stadtentwicklung:

- **Individuelle Lebensstile** können dargestellt werden, d.h. einzelne Haushalte und Personen modelliert werden.
- **Umweltauswirkungen** und ihre Rückwirkungen auf das Verhalten können mit der erforderlichen räumlichen Auflösung dargestellt werden.
- **Bevölkerung und Wirtschaft** können in Form ihrer Entscheidungseinheiten Haushalte und Betriebe modelliert werden.
- **Mikrostandorte** mit ihren kleinräumigen Eigenschaften können dargestellt werden.

58

Grenzen der Mikrosimulation

Es gibt Grenzen für die Erhöhung der sachlichen, räumlichen und zeitlichen Auflösung von Modellen menschlichen Verhaltens:

- Es gibt **theoretische Grenzen**, wenn die Zahl der simulierten Prozesse zu klein ist für verlässliche Ergebnisse.
- Es gibt **empirische Grenzen**, wenn der Mehraufwand für die Beschaffung der Mikrodaten ihren Nutzen übersteigt.
- Es gibt **praktische Grenzen**, wenn die Rechenzeit des Modells die Dauer der modellierten Prozesse übersteigt.
- Es gibt **ethische Grenzen** für die Sammlung von Daten über private Leben für Forschungszwecke.

60

Modelle in der Raumplanung

Raumplanung ist die **demokratische Gestaltung der zukünftigen Nutzung des Raumes** durch die menschliche Gesellschaft.

Modelle in der Raumplanung erfüllen dabei eine **wichtige Aufgabe**.

Mathematische Modelle sind die **einzige Möglichkeit**, Vorhersagen für noch unbekanntere Situationen zu machen und die wahrscheinlichen **Auswirkungen planerischer Maßnahmen** auf das Standortwahlverhalten von Unternehmen und Haushalten sowie auf Mobilität und Umwelt **im voraus** abzuschätzen.

62

Weitere Informationen:

MEPLAN:

<http://www.cambridgefutures.org/>

UrbanSim:

<http://www.urbansim.org.>

IRPUD:

<http://www.spiekermann-wegener.de/mod/irpudmod.htm>

PROPOLIS:

<http://www.wspgroup.fi/lt/propolis>

ILUMASS:

<http://www.spiekermann-wegener.de/mod/ilumassmod.htm>

64