

Multiagentensimulationen für die Verkehrsplanung

Kai Nagel

nagel at vsp dot tu-berlin dot de

1 Einleitung

1.1 4-Stufen-Verfahren → Multi-Agenten-Simulation

Probleme des 4-Stufen-Verfahrens:

- Menschliche Entscheidungen (Zielwahl, Mode, Route) abgekoppelt von demographischen Daten.
- Keine Zeitabhängigkeit (Rückstau, Verspätungen, Unfälle, Zeitstruktur von Tagesabläufen als Reaktion auf Staus, Variabilität und Telematik, ...)

Lösungsansatz: Lasse die Personen als “Agenten” intakt.

10 mio Personen → ist derzeit “gerade so” beherrschbar.

Viele Bezeichnungen sind damit verbunden (aber meinen nicht immer exakt das Gleiche): multi-agent, agent-based, activity-based, mikroskopisch, etc.

1.2 Ungef. Entsprechungen zw. 4-step und MA(T)SIM

Multi-Agent (Traffic) SIMulation

Verkehrserzeugung	Synthetische Bevölkerung; Flächen-nutzung
Zielwahl	ag-basierte Aktivitäten-Ketten
OD-basierte Verkehrsmittelwahl	ag-basierte Verkehrsmittelwahl
(statische) Umlegung	ag-basierte Routenwahl; Iterationen

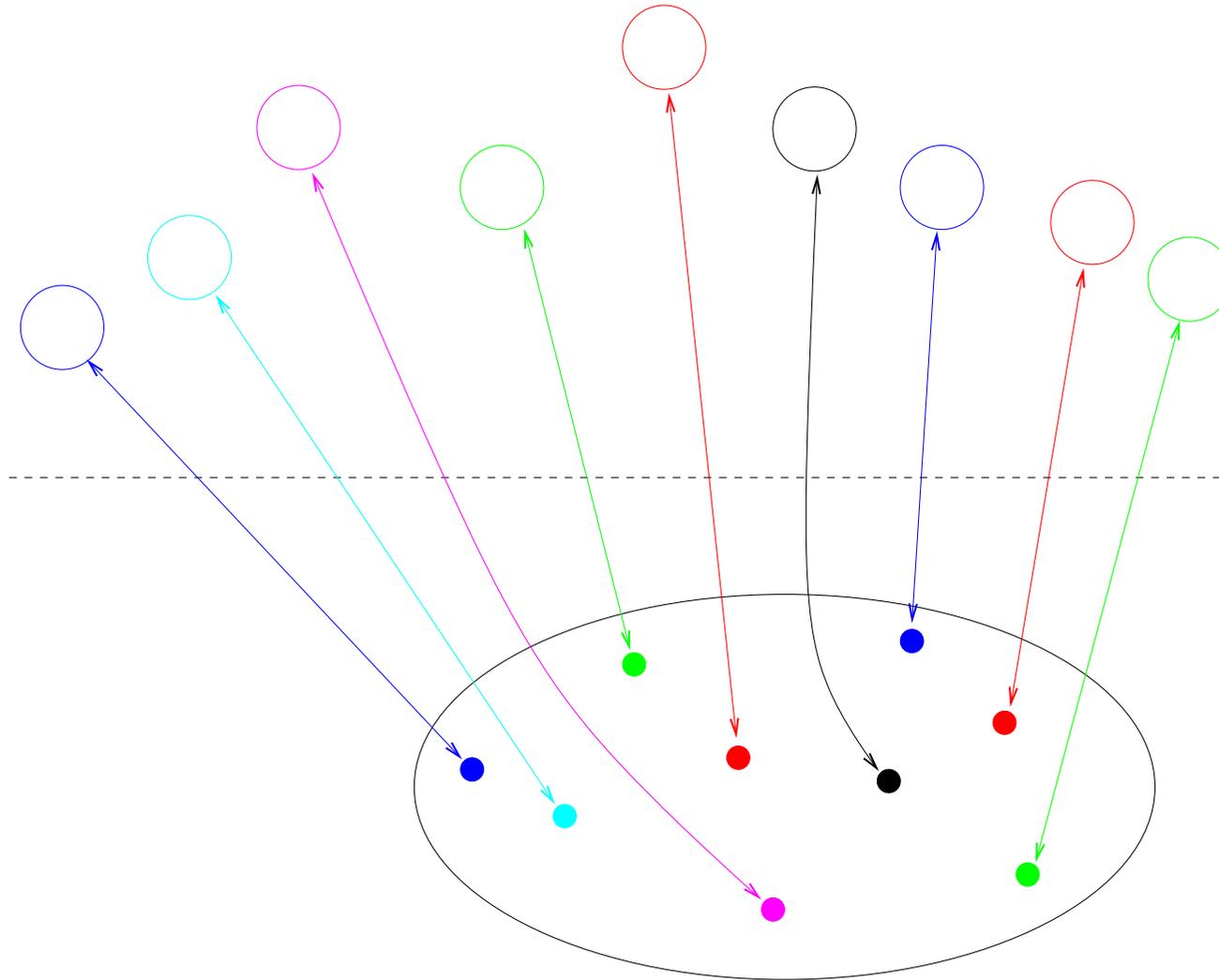
1.3 Bessere Liste von Modulen f. MATSIM

- Synthetische Bevölkerung
- Status (arbeitend; in Ausbildung; andere)
- Ort der Arbeit/der Ausbildung
- Aktivitätsketten
- Ort(e) der weiteren Aktivitäten
- Verkehrsmittel
- Zeiten
- Routen
- Mobility Simulation

Kombination von Modulen möglich (e.g. “simultaneous activity and mode choice model”).

1.4 Physikalische vs mentale Ebene

Nach einigem Nachdenken:



The mental world:

Concepts which are in someone's head.

plans
(acts,
routes,
...)

per-
for-
mance
info

The physical world:

- limits on accel/brake
- excluded volume
- veh-veh interaction
- veh-system interaction
- ped-veh interaction
- etc.

1.5 Vorschau

“Strategische” Module

Mobility Simulation

Feedback (Lernen)

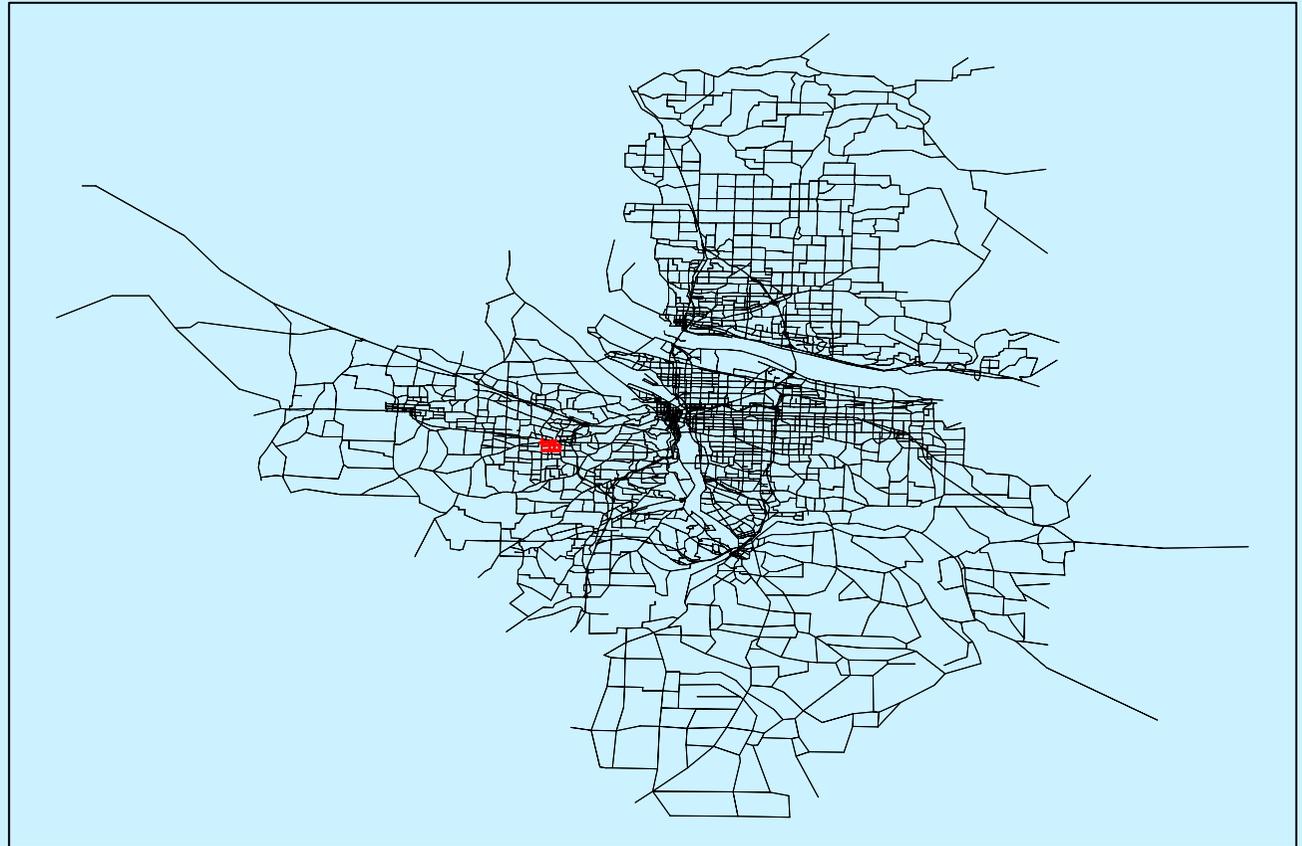
Ein real-world Szenario

2 Module

2.1 Synthetische Bevölkerung

Input: Volkszählungs-
Daten:

Portland, Block Group 321012



... mit Personen und demographischen Attributen:

HOUSEHOLD			
			
AGE	26	26	7
INCOME	\$27K	\$16K	\$0K
STATUS	WORKER	WORKER	SCHOOL
			

2.2 Status (arbeitend; in Ausbildung; andere)

Auch aus der Volkszählung.

2.3 Ort der Arbeit/der Ausbildung

Zwei Möglichkeiten:

- Aus Daten bekannt (Volkszählung, Sozialversicherung)
- Gravitationsmodell ähnlich Zielwahl im 4-Stufen-Prozess

2.4 Aktivitäten-Ketten

Verteilung der Tagesaktivitätenketten mit über 1% Anteil an allen Ketten (Start jeweils zu Hause; in Prozent) [Mobidrive 6-Wochen-Tagebuch; K. Axhausen]

b professional business

d daily shopping

e serve passenger

h home

l leisure

o other

p private business

s school

w work

Werktag	Karlsruhe	Halle	Sa	Karlsru.	Halle	So	Karlsru.	Halle
wh.....	9.33	13.23	lh...	11.76	15.40	lh....	27.72	30.65
sh.....	4.17	7.66	dh...	8.09	7.57	lhlh..	8.10	4.64
shlh...	3.65	3.78	dhlh.	5.39	2.31	l.....	6.84	2.63
dh.....	3.58	4.29	l....	5.27	3.34	llh...	3.92	2.48
ph.....	3.49	3.30	ph...	3.31	7.06	hlh...	3.29	2.63
whlh...	2.78	1.65	lhlh.	2.94	1.80	ph....	3.16	2.94
lh.....	2.62	3.30	phlh.	1.84	1.54	h.....	2.91	15.17
whph...	1.35	1.19	ll...	1.72		lhl...	2.28	
l.....	1.25		lllh.	1.35		lhph..	1.52	
dhlh...	1.12		whlh.	1.23		plh...	1.52	
dhph...	1.07		phl..	1.10		hlhlh.	1.39	
wlh....	1.03		h....		5.26	lllh..	1.39	
wph....	1.03	1.06	wh...		5.13	phlh..	1.27	
whdh...		2.13	llh..		1.54	dhlh..	1.14	
wdh....		1.28	phl..		1.28	eh....	1.14	3.87
shph...		1.03	eh...		1.03	hl....	1.14	
						ll...	1.01	
						wh...	1.01	3.10
						lhh..		1.24
						hlhh.		1.08
Summe	36.47	43.92		44.00	53.27		70.76	70.43
Anzahl	13	12		11	12		18	11

Ziel sollte allerdings sein, nicht einfach die Aktivitäten-Ketten im status quo zu erfragen, sondern Modelle zu entwickeln, welche diese *generieren* (und die damit auch Veränderungen vorhersagen).

Ein möglicher Ansatz hierzu ist “discrete choice theory”. Dies würde den Rahmen dieser Einführungsvorlesung sprengen.

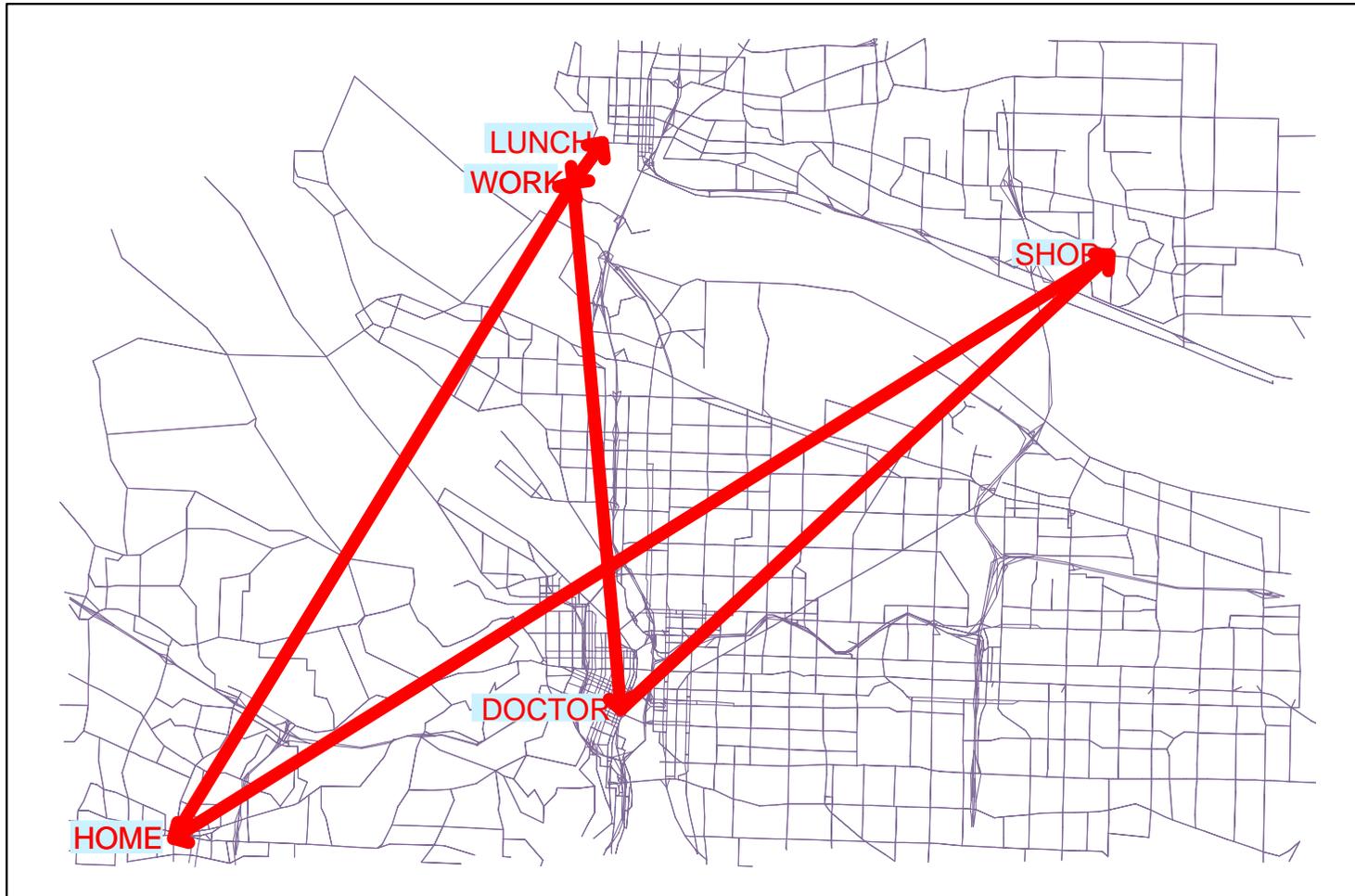
2.5 Weitere Aktivitäten-Orte

Möglichkeiten:

- Z.B. als guter oder optimaler Ort “am Weg”.
- Aktivitätenräume

Bild:

AGENT'S ACTIVITIES



2.6 Verkehrsmittelwahl

Z.B. discrete choice model, wie bei 4-Stufen-Prozess.

Neu: Bewertung (“utility”) kann sich auf gesamten Tagesplan beziehen, nicht nur auf spezifische Fahrt.

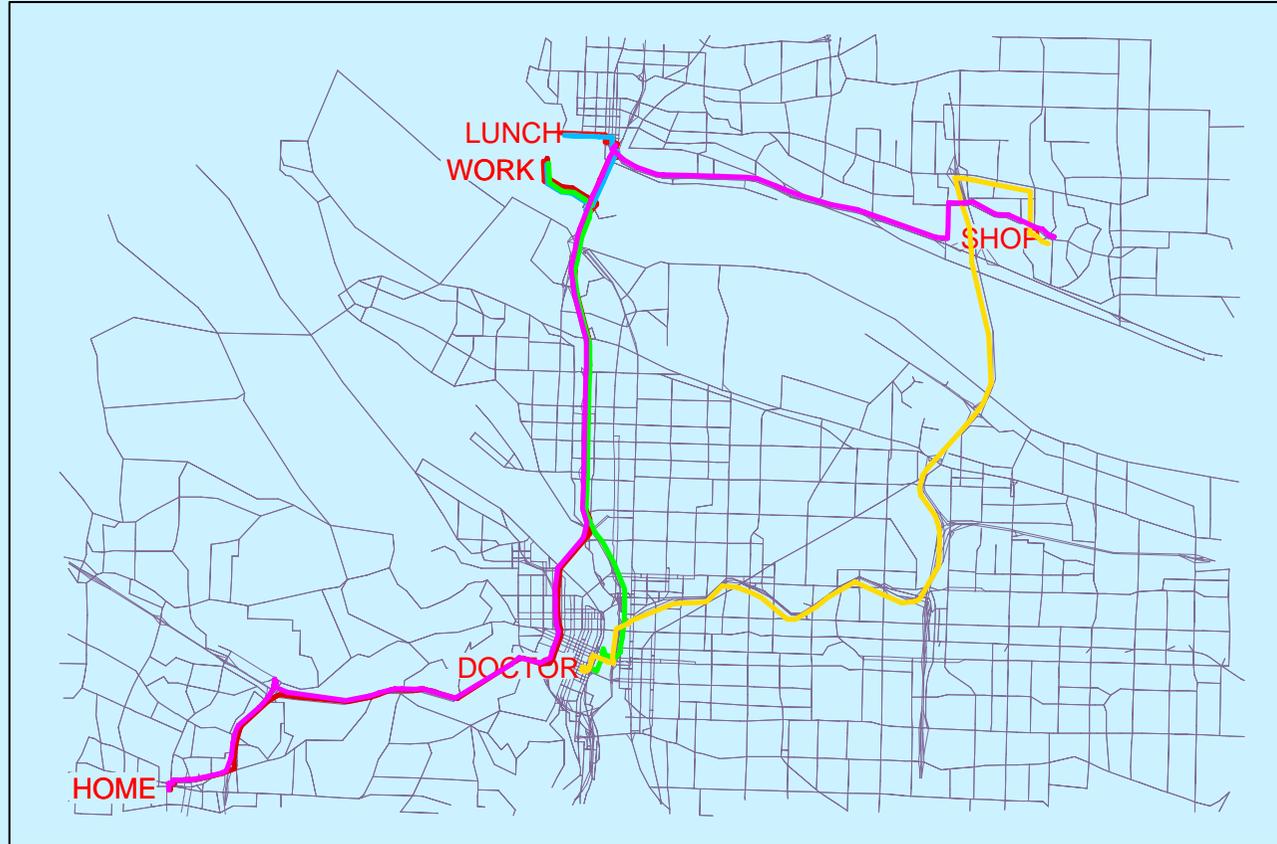
2.7 Routen

Recht gut: Schnellster Weg.

Methoden aus Informatik (z.B. Dijkstra Algorithmus für kürzeste Wege).

Bild:

HUSBAND'S ROUTES



2.8 Tagespläne im Computer: XML

```
<person id="241" income="50000">
  <plan score="123">
    <act type="h" end_time="07:00" x="7150" y="2790" link="5834" />
    <leg mode="car" trav_time="00:25">
      <route>1932 1933 1934 1947</route>
    </leg>
    <act type="w" end_time="17:00" x="0650" y="3980" link="5844" />
    <leg mode="car" trav_time="00:14">
      <route>1934 1933</route>
    </leg>
    <act type="h" x="7150" y="2790" link="5834" />
  </plan>
</person>
```

2.9 Zusammenfassung mentale Module

Wichtig: Alles auf der Ebene individueller Personen.

Im einzelnen noch viel Verbesserungspotential.

3 Mobility simulation

3.1 Einleitung

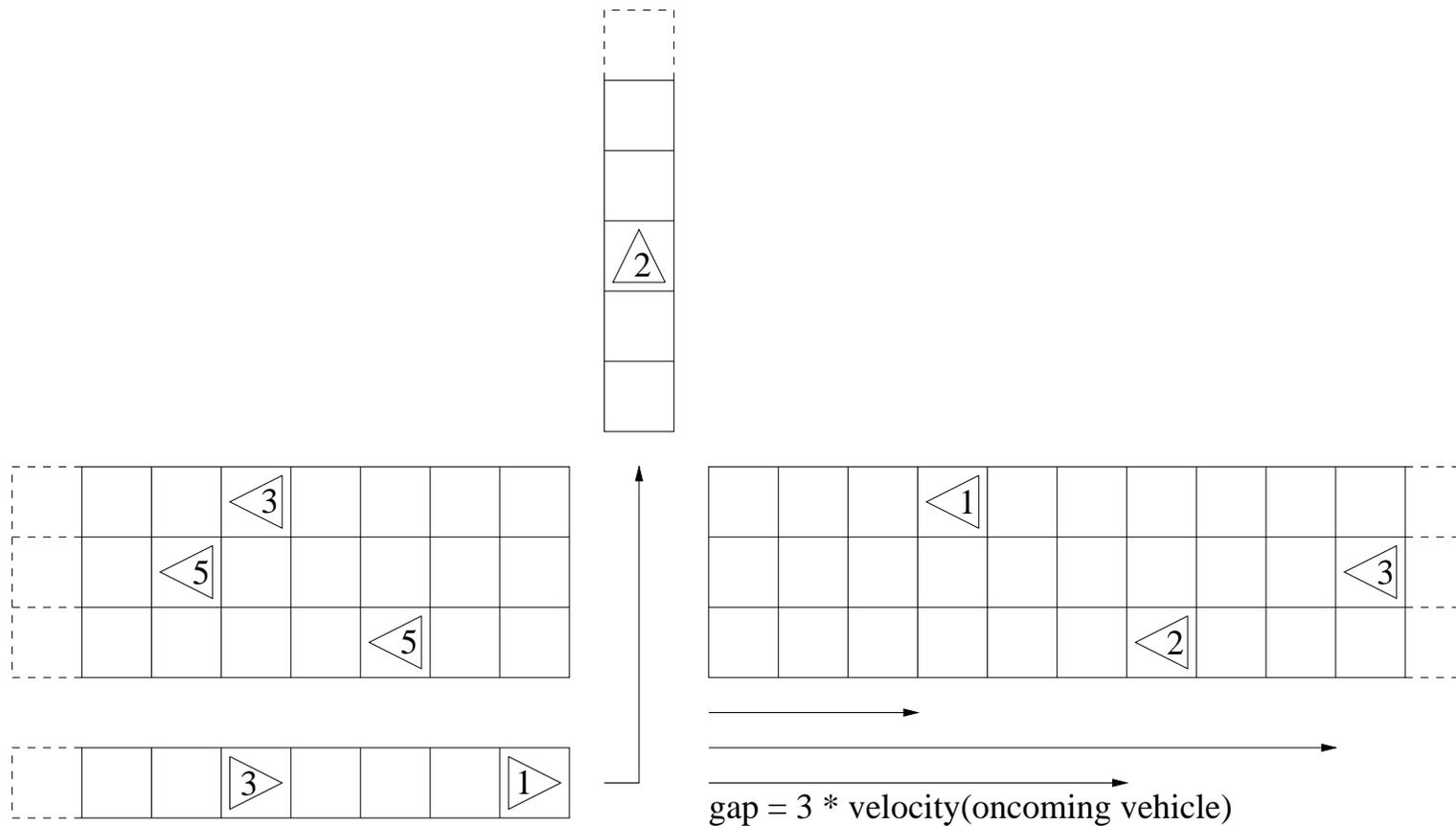
Viele verschiedene Methoden, mit Einflüssen aus Physik, Operations Research, Informatik, etc.

Hier: Eher “intuitive” Beispiele.

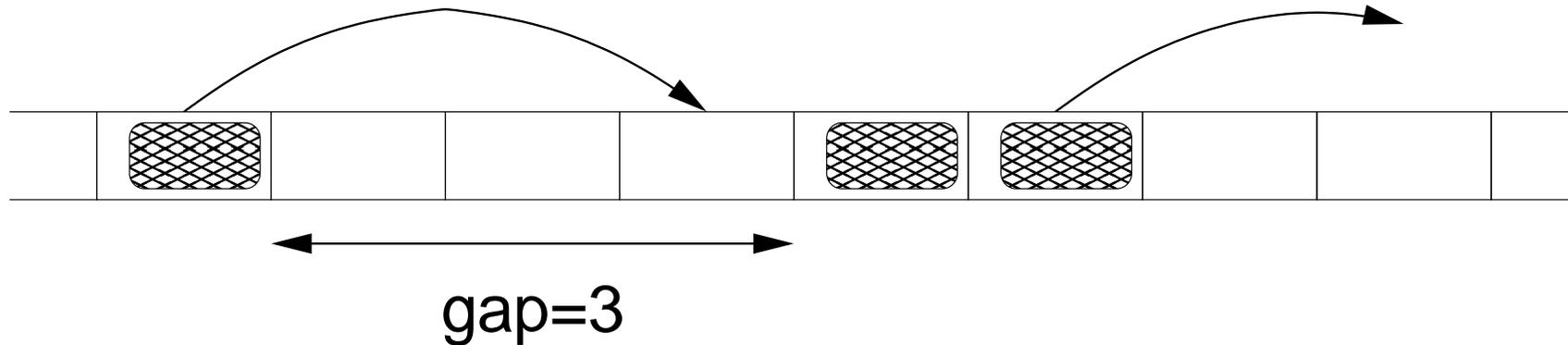
3.2 Verkehr in Dallas (Zellularautomat)

[[transims mov (bigfiles/movies)]] w/ Chris Barrett, Richard Beckman, Steen Rasmussen, Marcus Rickert, and many others (TRANSIMS team, ~ 30 people)

Method: **Cellular automata:**



Zellularautomat einspurig



(Cells!)

For all cars do *in parallel* (CA!)

- Accelerate, follow leader, obey speed limit:

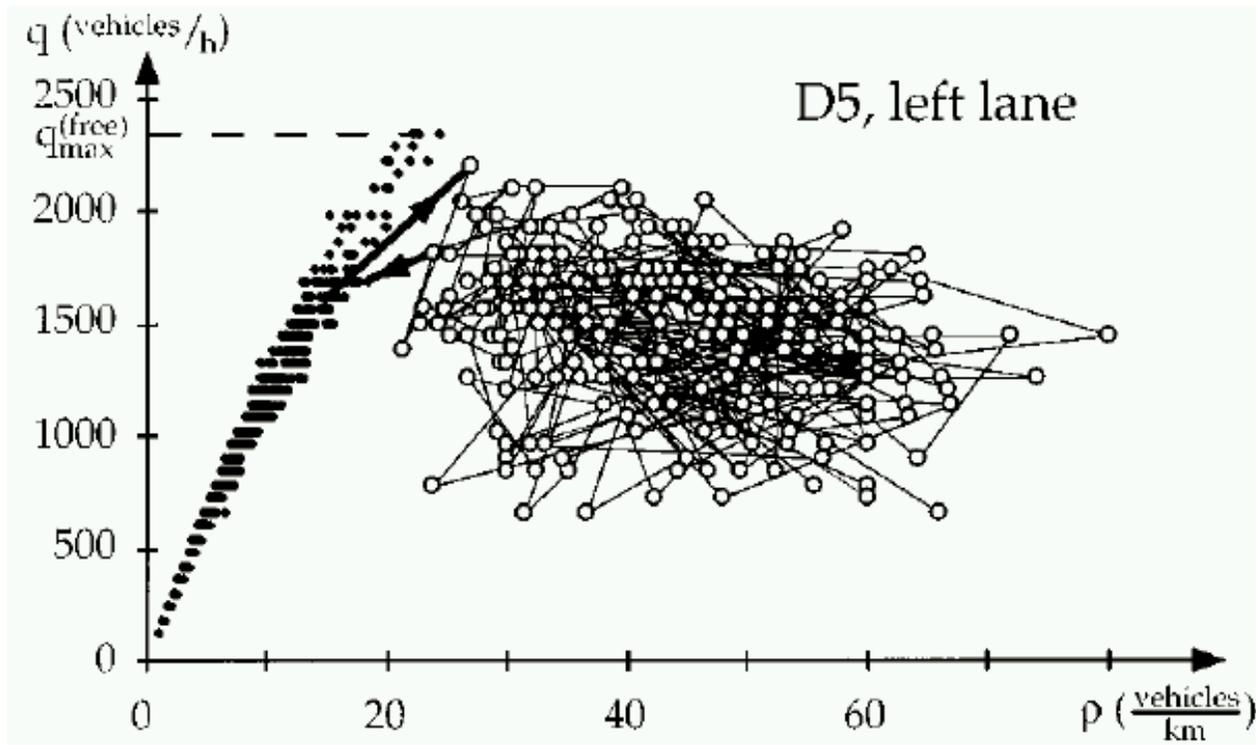
$$v' \leftarrow \min[v + 1, \text{gap}, v_{max}] \quad (1)$$

- Sometimes, be slower than that (when plausible):

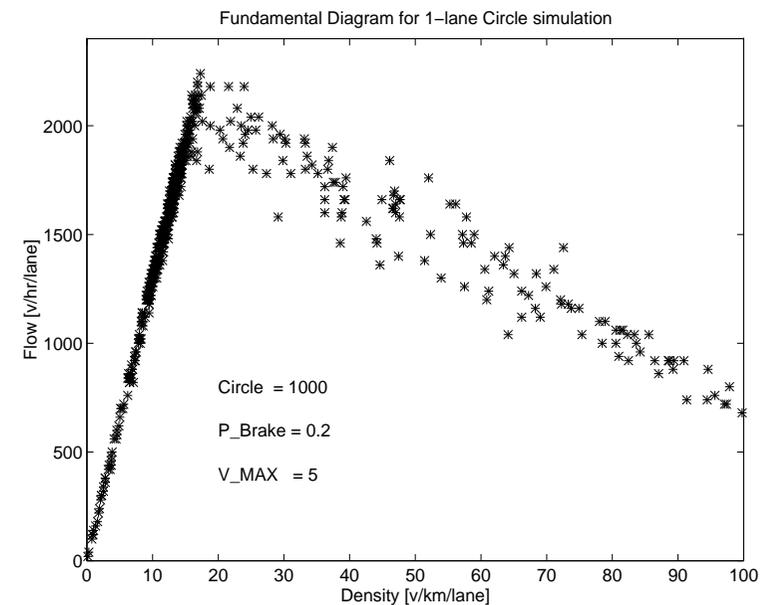
$$v' \leftarrow v' - 1 \text{ w/ proba } p_{noise} \quad (2)$$

Cell-based model, small number of states per cell, local parallel update \Rightarrow **Cellular automaton (CA)**

The above model is already enough to get a plausible fundamental diagram (flow vs density):



(Reality, from B. Kerner)



(Simulation)

The above model is nearly enough to get nice **jams-out-of-nowhere**. (Additional ingredient: “slow-to-start” (Barlovic et al)).

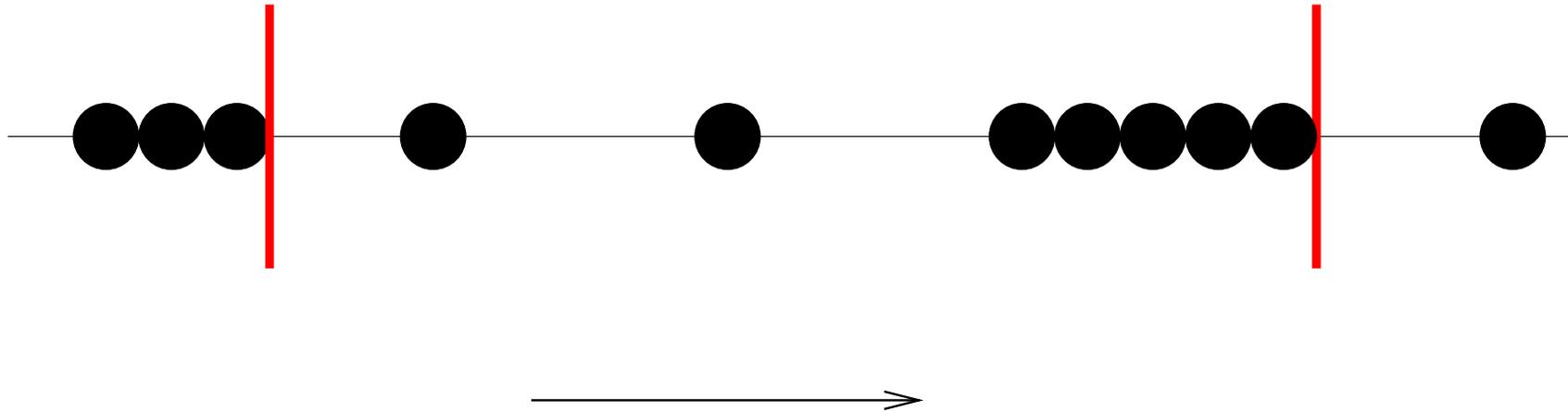
[[Vis (bigfiles/demos/transims-calib)]]

3.3 Verkehr in Zurich (Queue model)

[[vis zrh]]

w/ Kay Axhausen, Fabrice Marchal, Bryan Raney, Nurhan Cetin, Michael Balmer

Method: Queue(ing) simulation:



3.4 Fußgänger in Zürich Hbf (gekoppelte DGLn)

[[open -a /Applications/MPlayer... MainStation.avi]]

w/ Ludger Hovestadt, Karsten Droste, Bryan Raney, Christian Gloor, Pascal Stucki, Res Voellmy

Method: Molecular dynamics (\approx : time-stepped coupled differential equations)

$$\underline{a}_i(t) = \frac{\underline{v}_{des,i} - \underline{v}_i}{\tau} + \sum_{Objects\ j} \underline{f}_{ij} + \sum_{Peds\ k} \underline{f}_{ik} \cdot \quad (3)$$

Social force model of Helbing; not without problems.

3.5 Wanderer in den Alpen

[[ped movies]]

w/ Willy Schmid, Eckart Lange, Christian Gloor, Duncan Cavens

Same method as “Zrh Main Station”.

4 Feedback/Lernen

4.1 Einleitung

Staus resultieren aus Ausführung der Pläne . . .

. . . aber Pläne müssten Staus antizipieren.

Generelles Problem in der quantitativen Sozialwissenschaft.

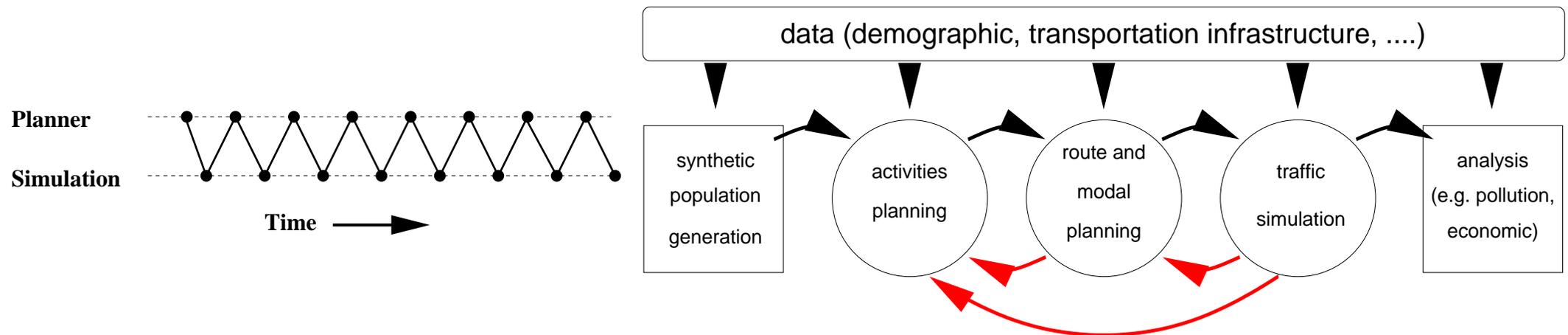
Traditionelle Lösung: **rationales Verhalten (Nash Gleichgewicht)** (s. statisches Assignment).

Menschen sind allerdings nicht rational.

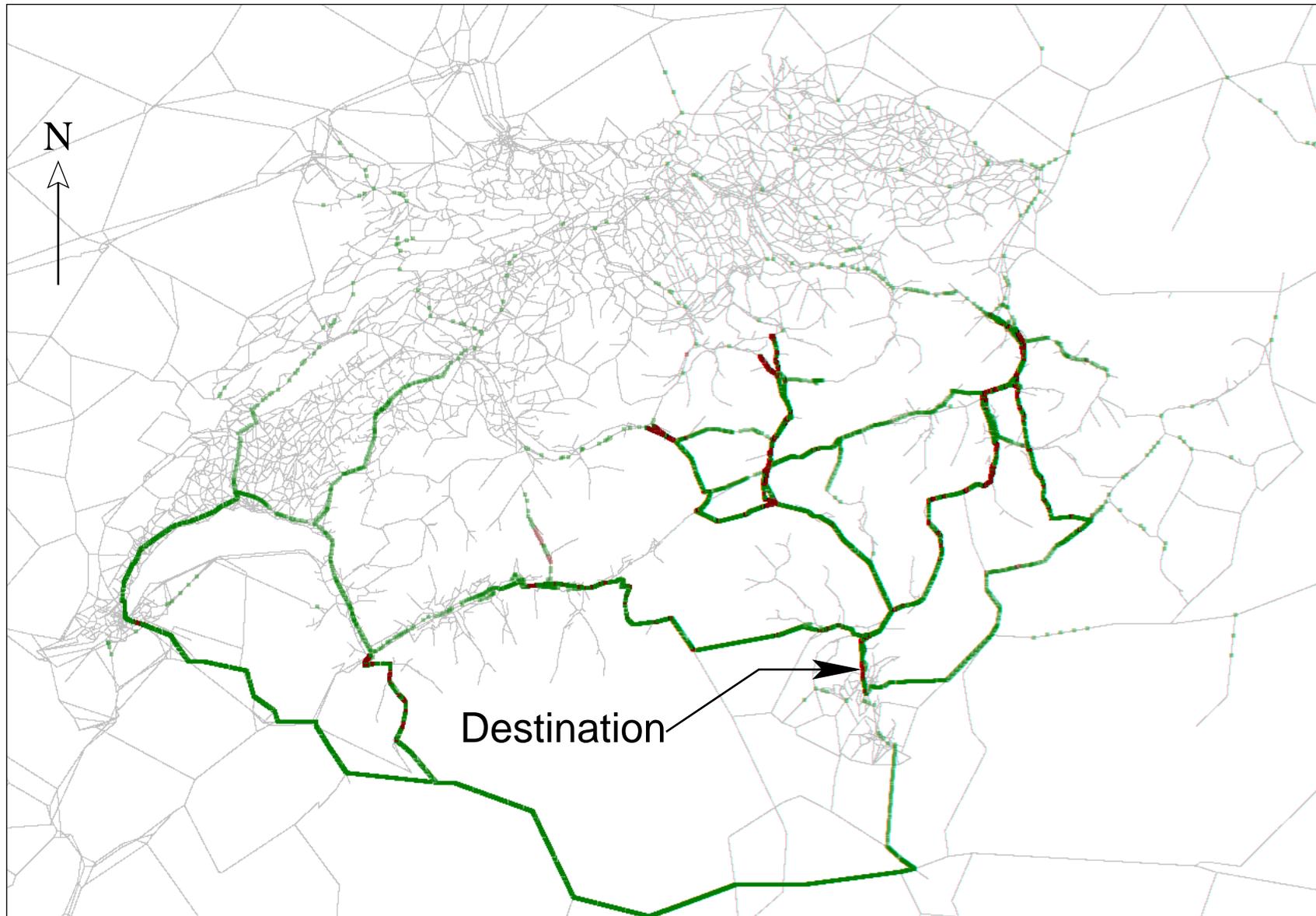
Lösung hier: **Iteration zwischen Modulen = simuliertes Lernen.**

1. Alle Reisenden machen Pläne.
2. Alle Reisenden führen sie simultan aus.
3. Ein Teil der Reisenden revidiert die Pläne aufgrund gemachter Erfahrungen (z.B. Staus). Then **goto 2.**

⇒ Alle Module laufen viele, viele Male.



Nach dem Lernen besserer Pläne:



“Breitere” Ausnutzung des Verkehrssystems.

[[Auch: it.0 vs. it.XXX in a current scenario]]

4.2 Simulation von Lernverhalten, Bemerkungen

Agenten können fast beliebige Dinge lernen:

- Zeiten
- Routen
- Verkehrsmittel
- Orte
- Aktivitäten-Ketten
- Wohnorte
- Arbeitsplätze
- Etc.

Somit müssen alle mentalen Module in die Lern-Iterationen einbezogen werden. →
derzeitige Forschung

5 Kalibrierung/Validierung

Kalibrierung: Justierung von Modellparametern, bis Modellresultate möglichst nahe an vorgegebenem Datensatz.

Validierung: Test, ob Modell "gültig" ist.

5.1 Verkehrsfluss-Eigenschaften

Erster Anfang: Fundamentaldiagramm, s.o.

Weiter: Abbiegeverhalten, vor allem wenn keine Vorfahrt.

5.2 Robustheit gegenüber Auswechselln der Module

Werde ich nicht zeigen; Hauptresultat: Verkehrserzeugung derzeit größere Fehlerquelle als Mikro-Simulation

5.3 Realistische Szenarien

Ein Beispiel: Großraum Zürich.

- Digitales **Straßennetz** der Schweiz mit 60 000 Kanten (nur die größeren Straßen).
- **Nachfrage**: Vollständige Aktivitäten-Ketten für 180 000 Personen (10% Sample), Großraum Zürich
Einschl. Durchgangsverkehr
- **Wahldimensionen:**
 - Routen
 - Zeiten
 - Verkehrsmittel (Auto vs. “sonstiges”)

Resultate

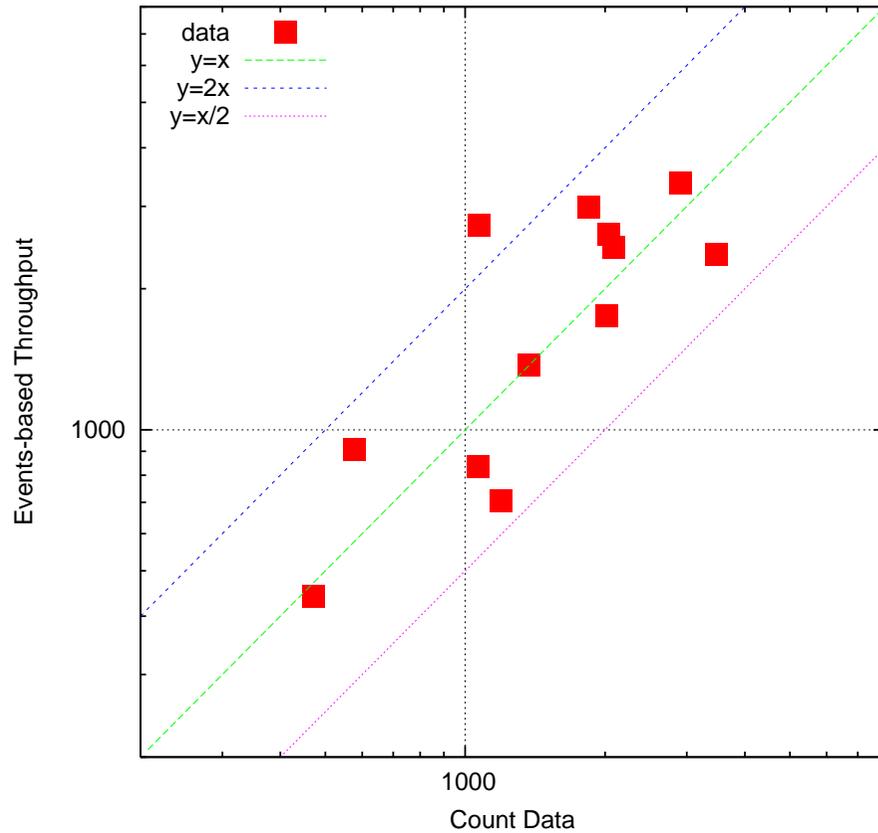
[[run465, vis]]

[[run465, google earth]]

Vergleich mit 4-Stufen-Prozess (altes Resultat; leider nur selten möglich)

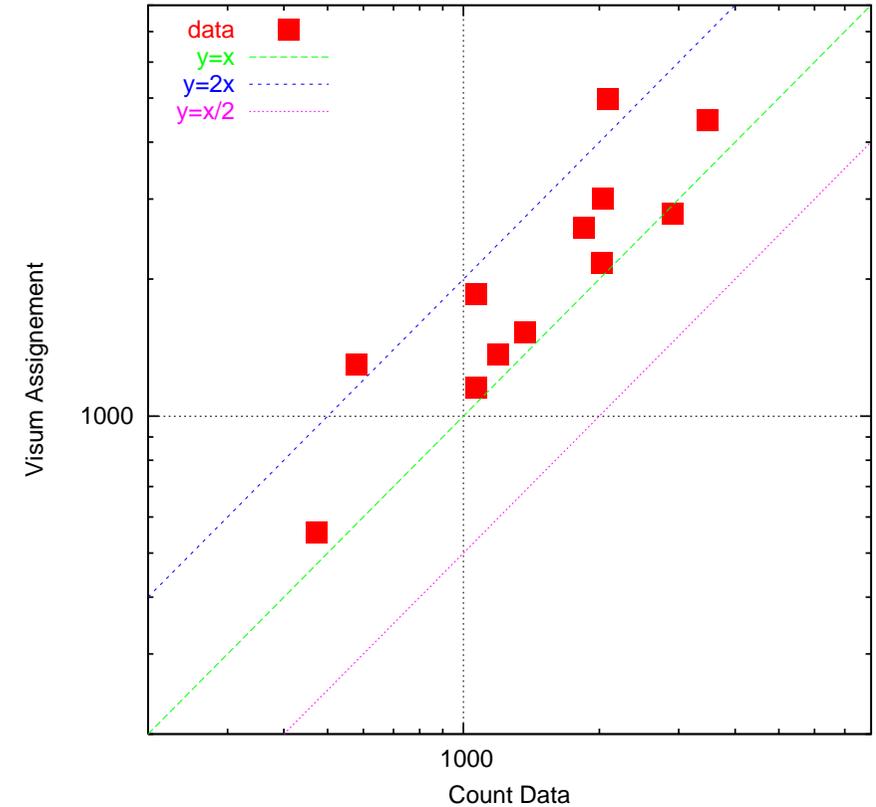
Our study:

counts_vs_350.acts-routes_all6am_hrs7-8.out



VISUM ("best effort"):

count_vs_visum_hrs7-8.out



	This study:.	VISUM:.
Mean Rel. Bias:	+9.4%	+42.4%
Mean Rel. Error:	30.4%	42.1%

(Vorsichtige) Schlussfolgerung

(auch aus weiteren, ähnlichen Tests)

Agenten-Methode mindestens so gut wie 4-Stufen-Prozess.

Weitere Arbeiten nötig.

6 Westumfahrung

[[other slides]]

7 Zusammenfassung

Ersatz des klassischen 4-Stufen-Verfahrens durch agenten-basierte Simulation ist technologisch machbar.

Vom theoretischen Standpunkt deutlich besserer Ansatz (identifizierbare Personen).

Resultate sehen recht vielversprechend aus.

Weitere Forschung nötig.