

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; Aktivitäten-Ketten (ohne Orte)
Zielwahl	Ortswahl für Aktivitäten
OD-basierte Verkehrsmittelwahl	ag-basierte Verkehrsmittelwahl
(statische) Umlegung	ag-basierte Routenwahl; Iterationen

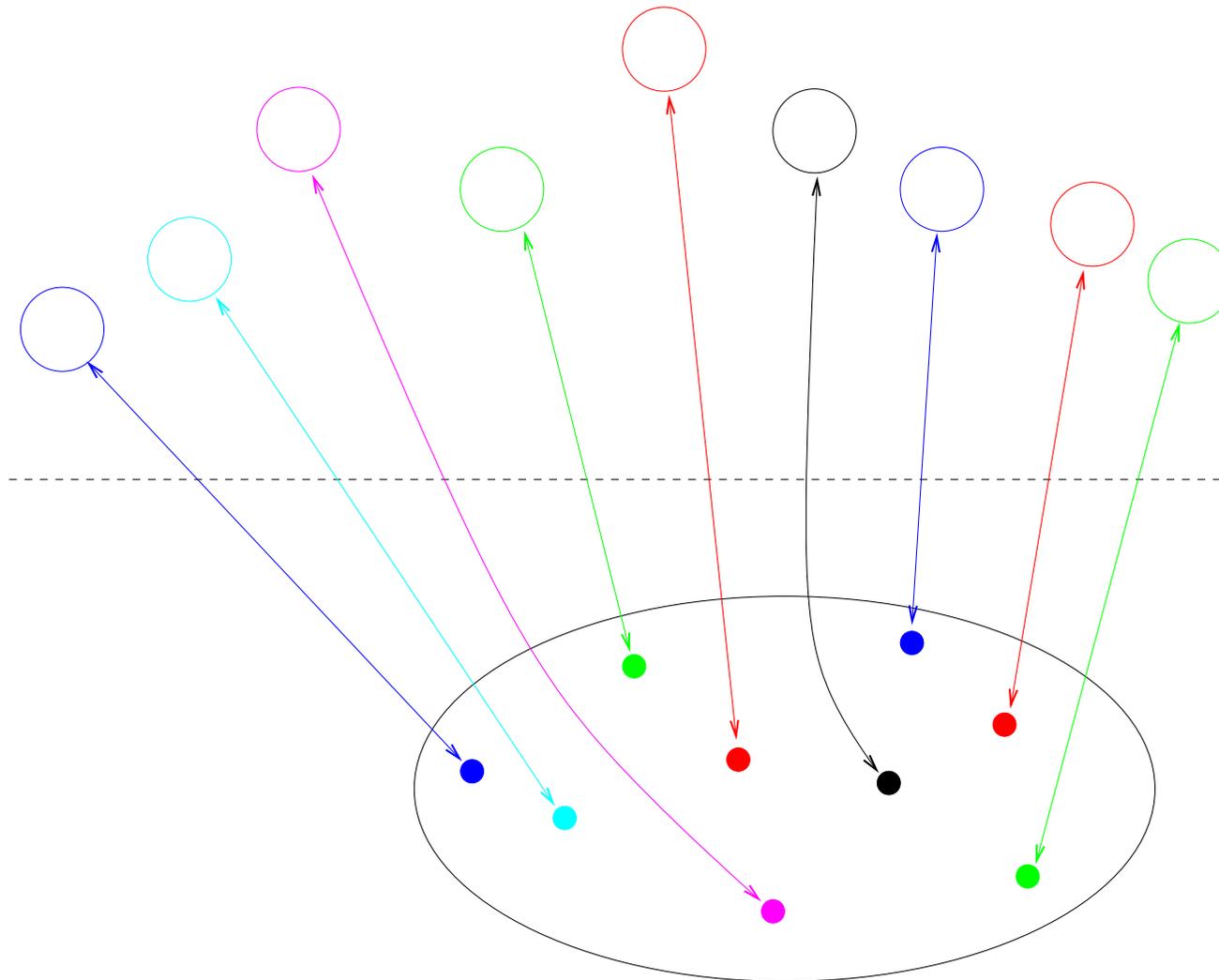
In der Praxis eher in folgender Reihenfolge:

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

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

1.3 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.

1.4 Vorschau

Initiale Pläne (Anfangsbedingung)

Mobility Simulation

Feedback (Lernen)

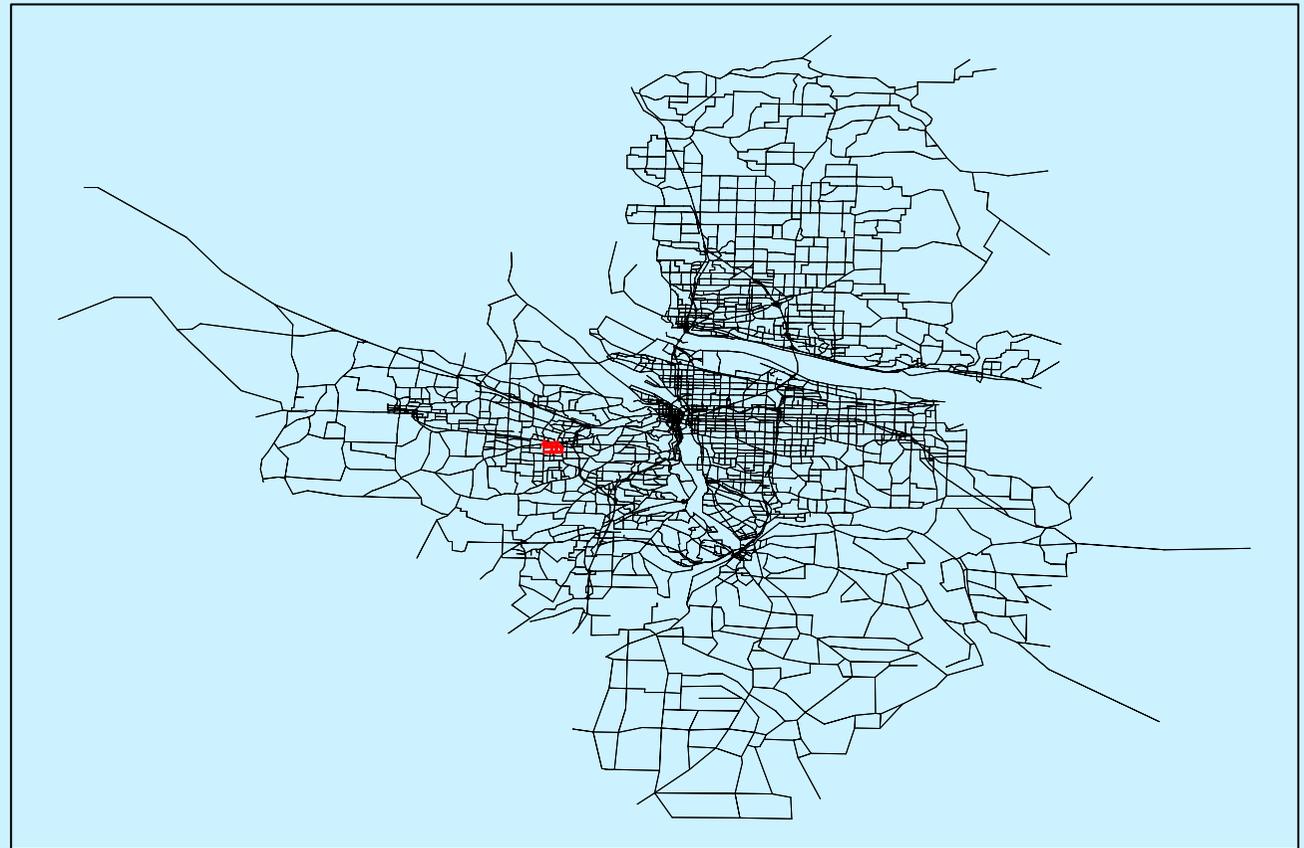
Ein real-world Szenario

2 Initiale Pläne (= Anfangsbedingung der Iterationen)

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.

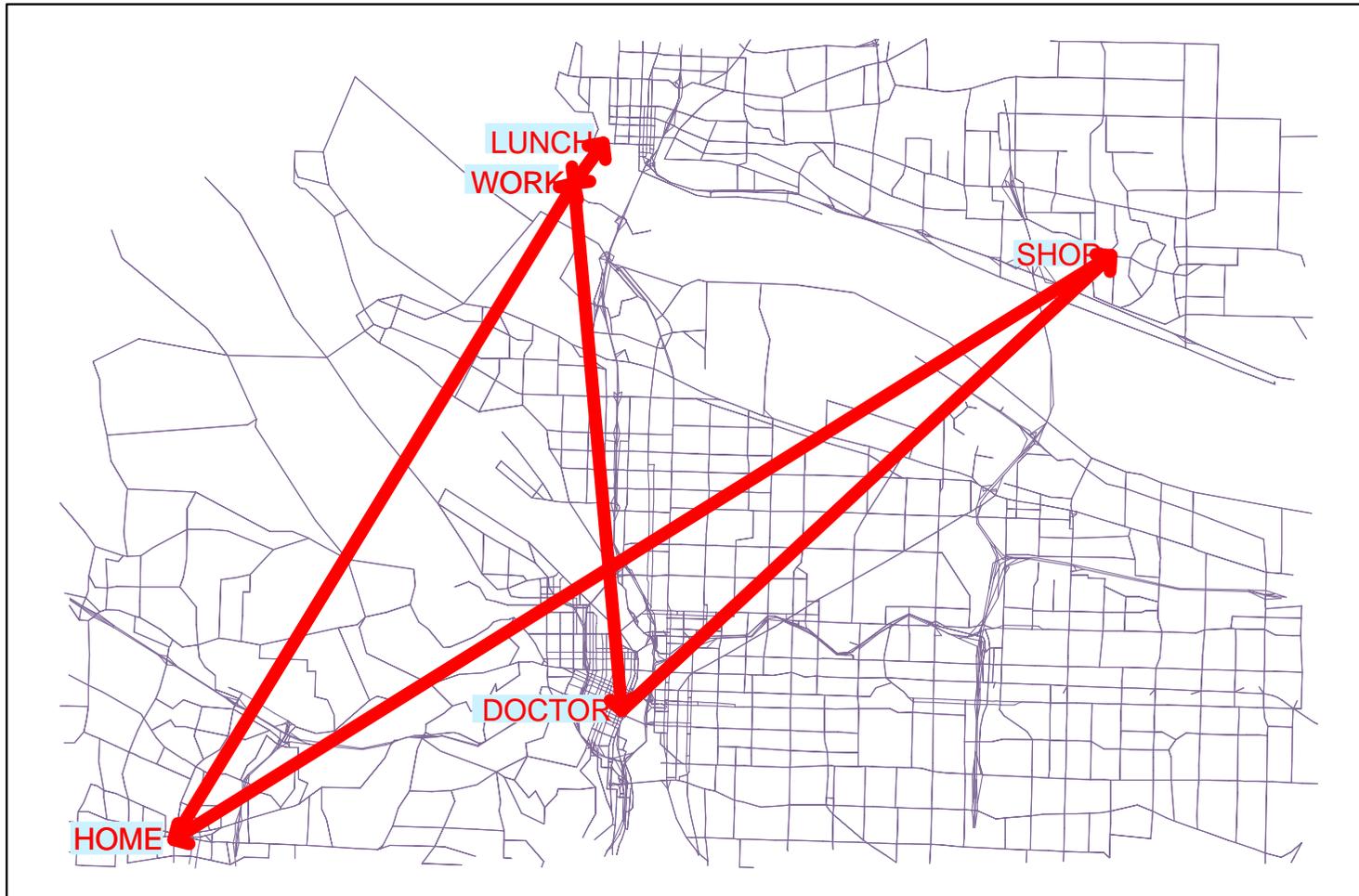
2.5 Weitere Aktivitäten-Orte

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.

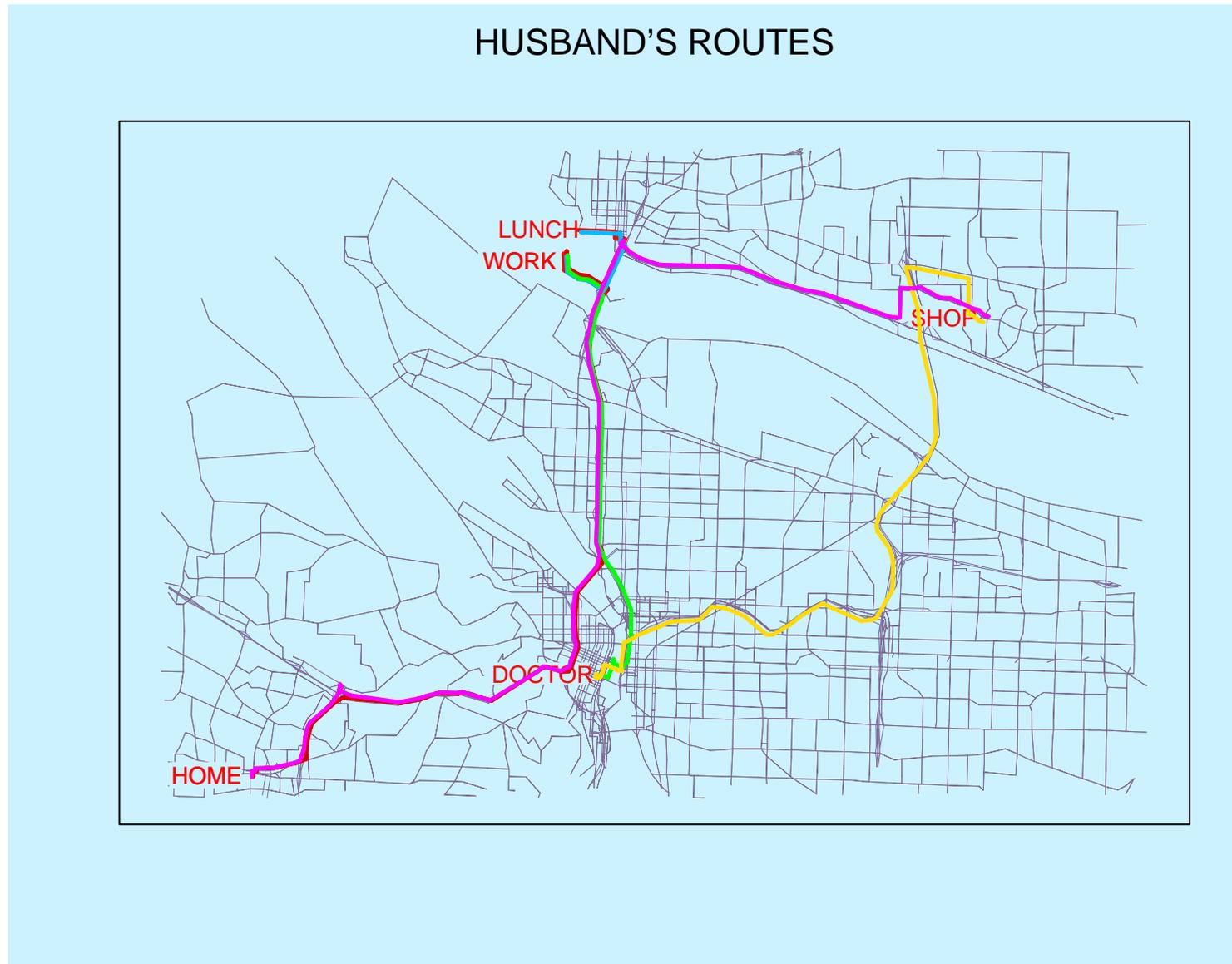
Neu: Bewertung (“utility”) kann sich auf gesamten Tagesplan beziehen, nicht nur auf spezifische Fahrt.

2.7 Routen

Recht gut: Schnellster Weg.

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

Bild:



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 initiale Pläne

Wichtig: Alles auf der Ebene individueller Personen.

3 Verkehrsfluss-Simulation

3.1 Einleitung

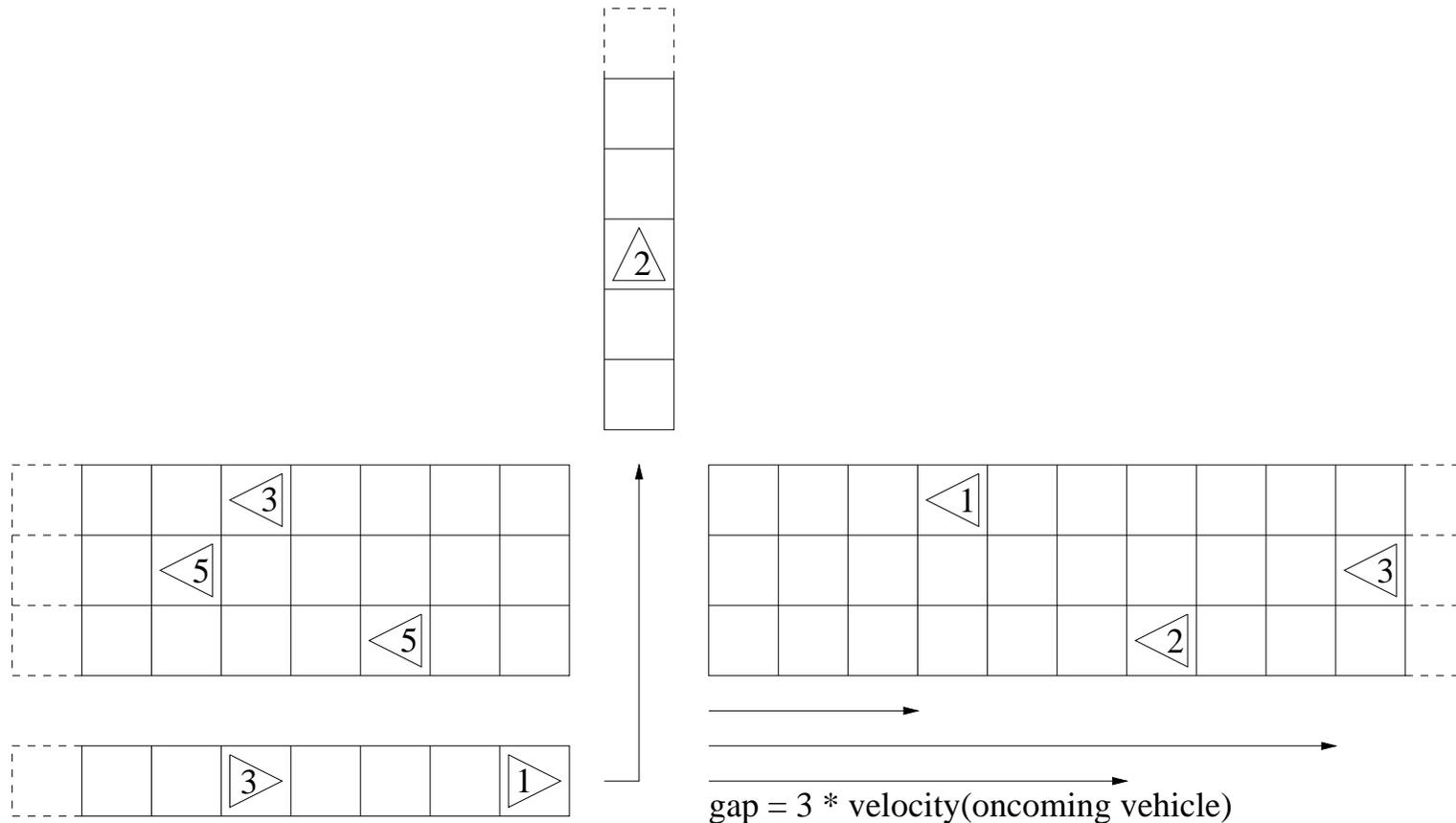
Viele verschiedene Methoden, mit Einflüssen aus Physik, Operations Research, Informatik, etc.

Hier: Eher “intuitive” Beispiele.

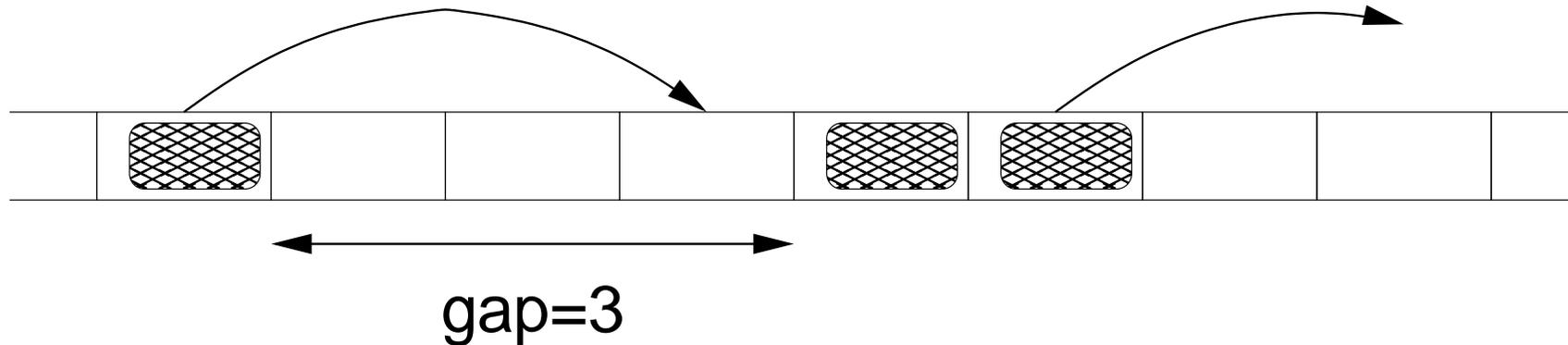
3.2 Verkehr in Dallas (Zellularautomat)

[[[transims mov \(shared-svn/movies/transims\)](#)]] mit Chris Barrett, Richard Beckman, Steen Rasmussen, Marcus Rickert, und vielen anderen (TRANSIMS Team, \sim 30 Mitarbeiter)

Methode: **Zellularautomat:**



Zellularautomat einspurig



(Zellen!)

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):

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

Zellenbasiertes Modell, kleine Anzahl von Zuständen, lokaler und paralleler Update \Rightarrow

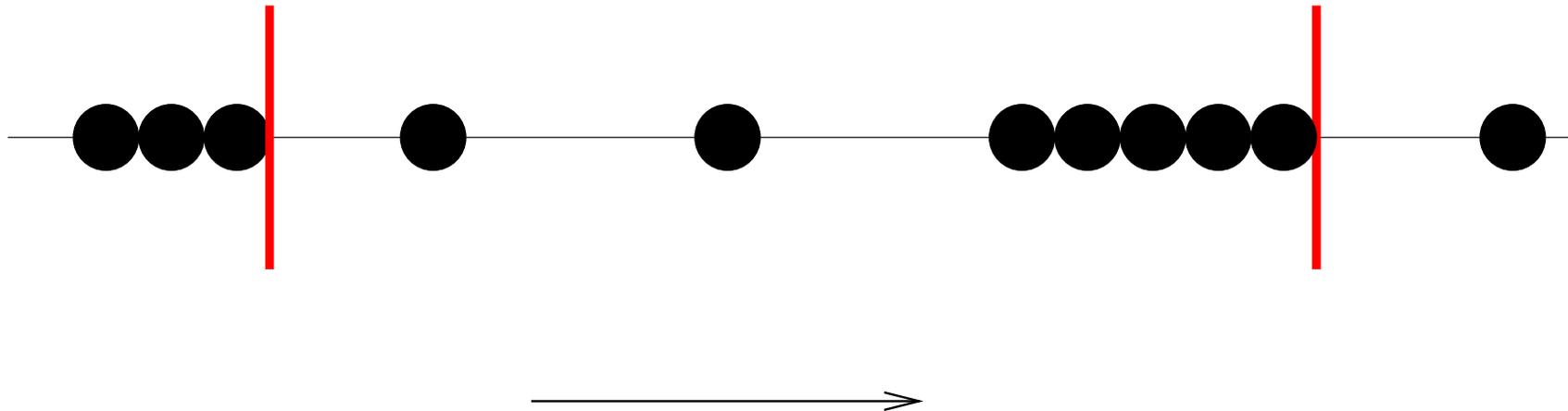
Zellularautomat

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 Wanderer in den Alpen (gekoppelte DGLn)

[[ped movies]]

mit Willy Schmid, Eckart Lange, Christian Gloor, Duncan Cavens

Methode: Gekoppelte Differentialgleichungen

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

Bekanntester Vertreter dieses Ansatzes: **“social force model” von D. Helbing**

Auch: [[mplayer -speed 10 chgloor-battle.avi]]

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. statische Umlegung).

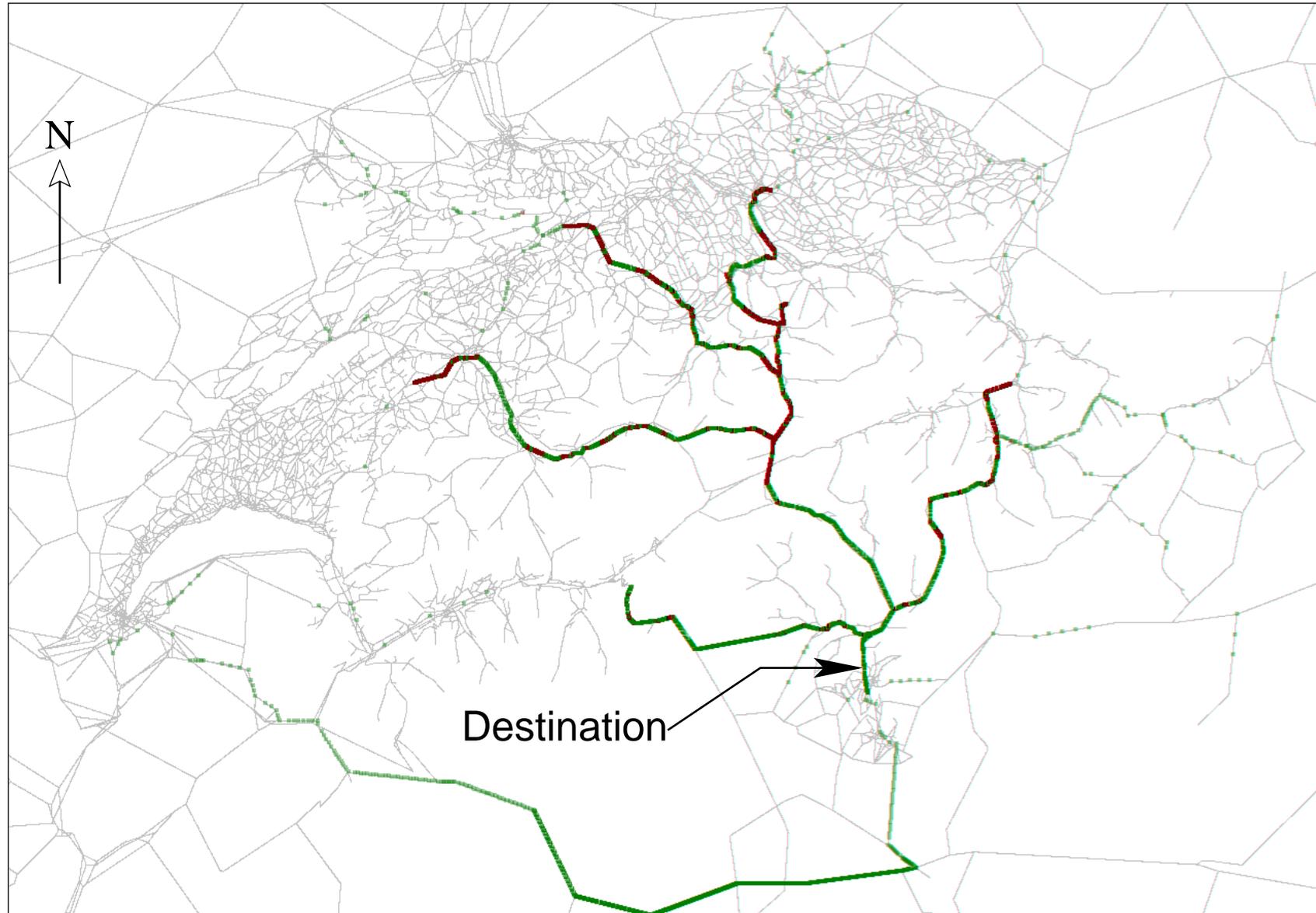
Traditionelle Rechenmethode: Iterationen

So auch 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.**

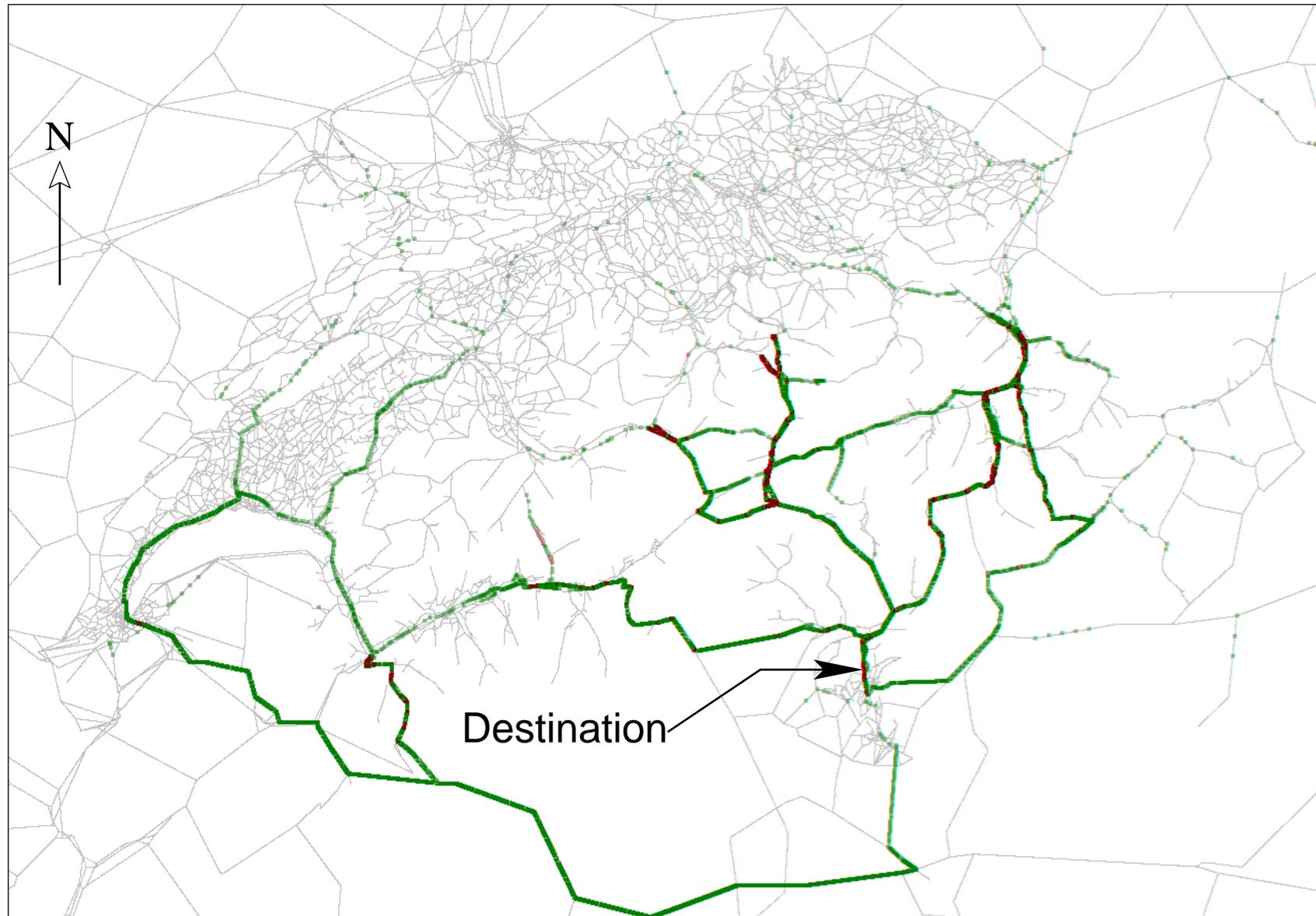
⇒ viele Iterationen

Basierend auf den initialen Plänen:



Jeder fährt auf Route, die bei leerem System am schnellsten wäre.

Nach dem Lernen besserer Pläne (gleiche Uhrzeit):



“Breitere” Ausnutzung des Verkehrssystems.

[[myOTFVis-0it]]

[[myOTFVis-relaxed]]

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.

Hier nur “Validierung”.

5.1 Reales Szenario

Ein Beispiel: Großraum Zürich.

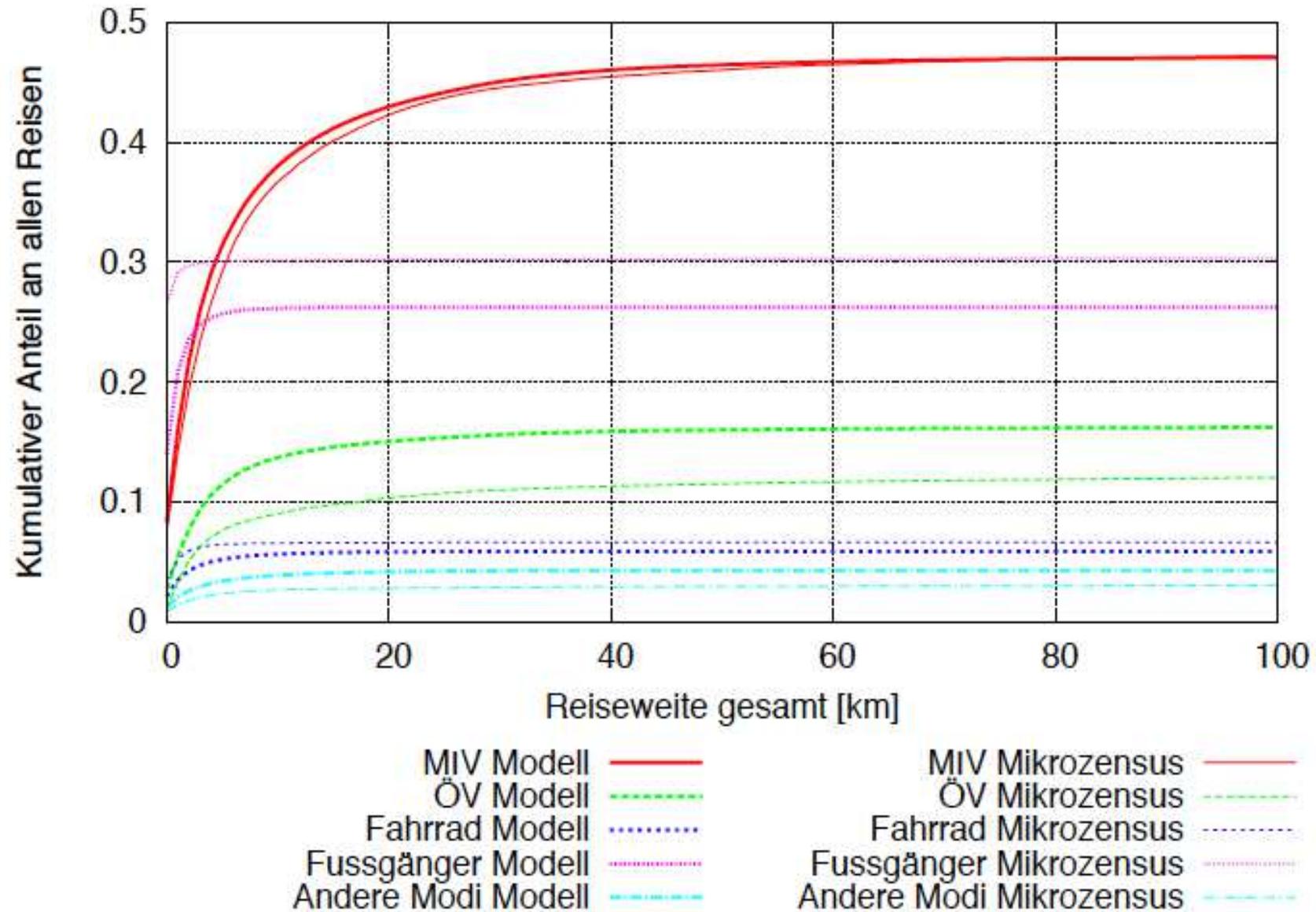
- Digitales **Straßennetz** der Schweiz mit 60 000 Kanten (nur die größeren Straßen).
- **Nachfrage**: Vollständige Aktivitäten-Ketten für 180 000 Personen (10% Sample), Großraum Zürich
Einschl. Durchgangsverkehr
- **Wahldimensionen:**
 - Routen
 - Zeiten
 - Verkehrsmittel (Auto vs. “sonstiges”)

Zählungen

[[run465, vis]]

[[run465, google earth]]

Kumulative Verkehrsmittelwahl als Funktion der Reiseweite



5.2 (Vorsichtige) Schlussfolgerung

(auch aus weiteren, ähnlichen Tests)

Agenten-Methode ähnlich gut wie 4-Stufen-Prozess ...

... aber besser geeignet für viele Fragen (siehe Anfang).

6 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 sinnvoll.