



SIM Co
SIMULATION OF THE
GOVERNANCE OF COMPLEX SYSTEMS

Johannes Weyer
Fabian Adelt
Sebastian Hoffmann (TU Dortmund)
Andreas Ihrig (Ruhr-Universität Bochum)

June 2018

Technology Studies Group

- established in 2002
 - 15 team members
- research projects
 - human-machine interaction
 - risk management in organizations
 - governance of socio-technical systems
 - modeling and simulation
- cooperation with
 - mechanical engineering, computer sciences, electrical engineering ...



Simulator „SimCo“

- simulation framework
 - *sociological* model of a socio-technical system
 - actions and interactions
 - agents (micro) and system (macro)
 - *spatial* dimension of infrastructure systems
 - boundary conditions
 - means for (intentionally) controlling the system

→ investigate the governability of complex infrastructure systems by means of ABMS

6. GUI SimCo

Setup S reload model R

go G go once O

Visualization-dimension
Capacity

time-intervall
short

show-deg... visualize-state?

automated-control? visualize-node
node-name

percentage-soft-automated-control 0.60 %

percentage-hard-automated-control 0.80 %

technology-to-influence
car + +

technology-dimension-to-influ...
Capacity - -

technology-value
1

hatch-number 20 hatch agents H

use-snf out-who -1 Follow ...

inspe... Hubnet?

debugging? out? Show-Agents

Debuq-Level 1 Out-Level SEU Profiler 1000

ticks: 67

Technologies used (in %)

Technology-Usage
[bike: 46; car: 88; ev: 0; pt: 16;]

% agents stucked	dead ends	agents on dead end	number of agent
1.33	0	0	150

Agent types (absolute)
[pragmatist: 35; eco: 36; indifferent: 47; saver: 17; convenient:

Agents' long-time account balance / age (mean)
0.64368

Agents' long-time account balance / age (max)
3.08955223880597

Edges with ... techs banned

Populated

populated nodes	populated edges
14	32

Overcrowded in %

mean degree...

max degree ...

2. Objectives of governance

risk management

→ *negative feedback*

- poor performance
- undesired effects (e.g. congestions, CO₂ emissions)
- system failure, catastrophies (e.g. blackout)

system transformation

→ *positive feedback*

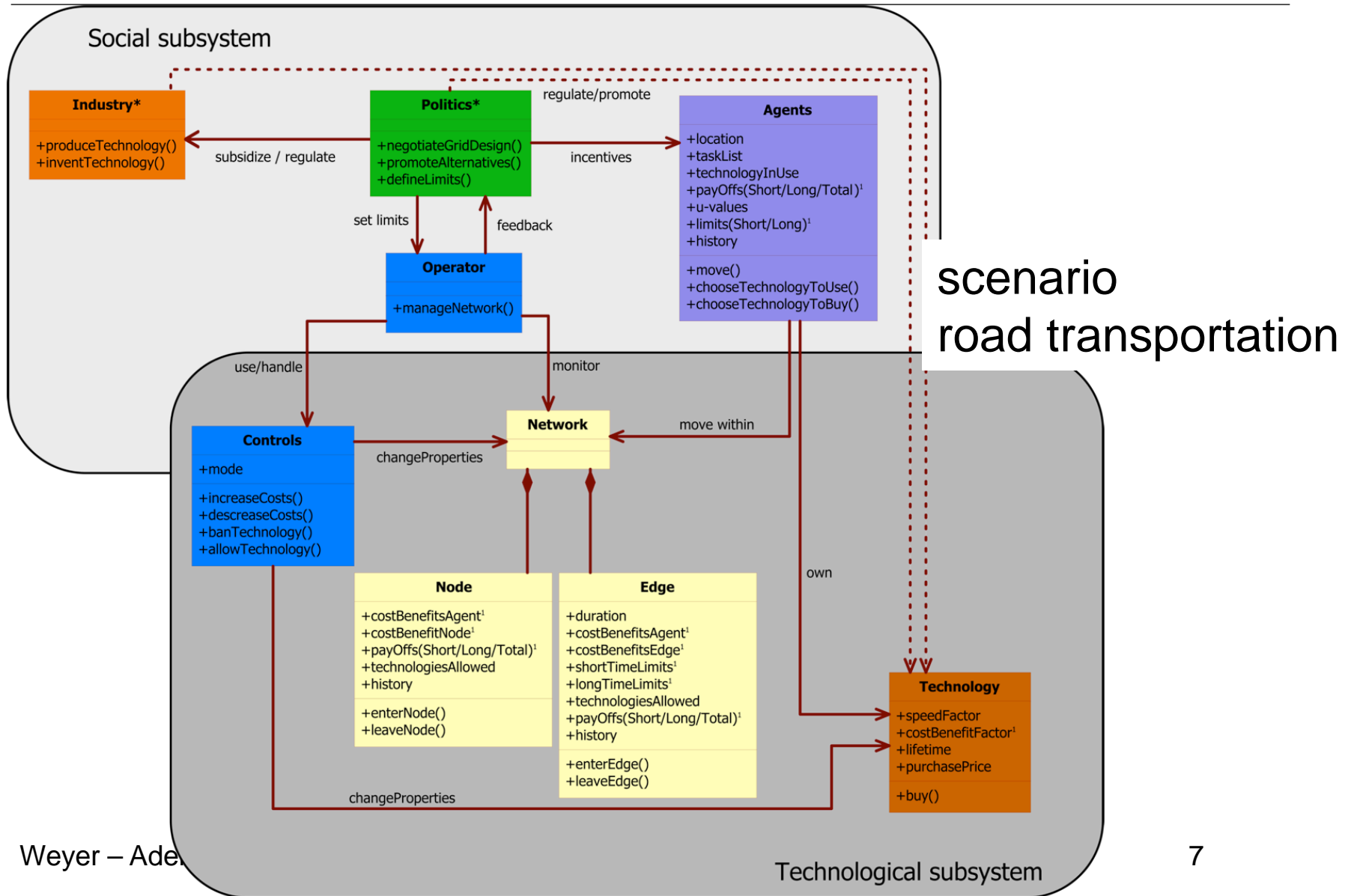
- energy system („Energiewende“)
- transportation

Content

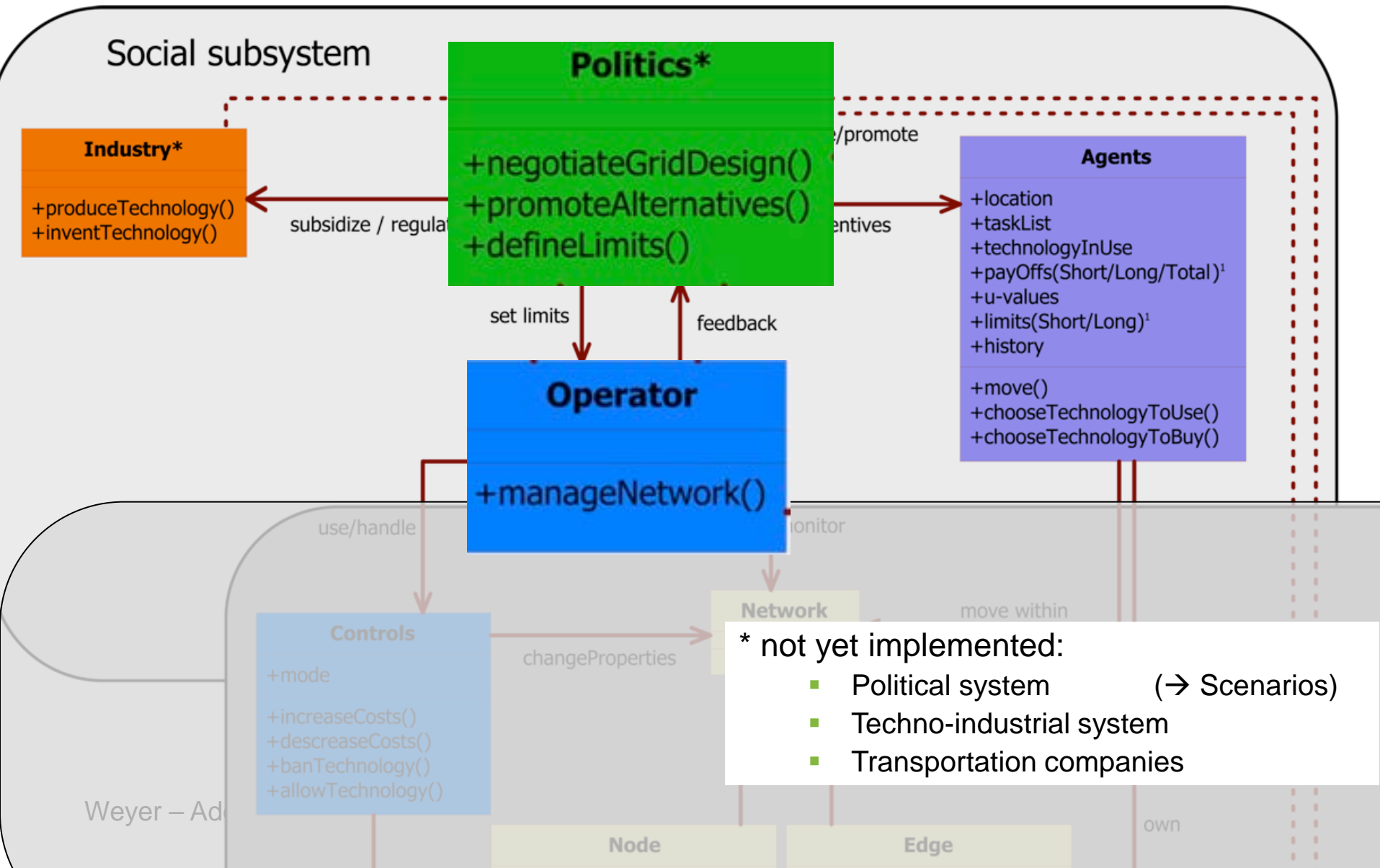
1. Introduction ✓
2. Scope of the model
3. Inventory
4. Concept formalization
5. Model formalization
6. Software implementation
7. Verification and validation
8. Experimentation
9. Conclusion

*ODD protocol, adapted version
(Van Dam et al., 2013)*

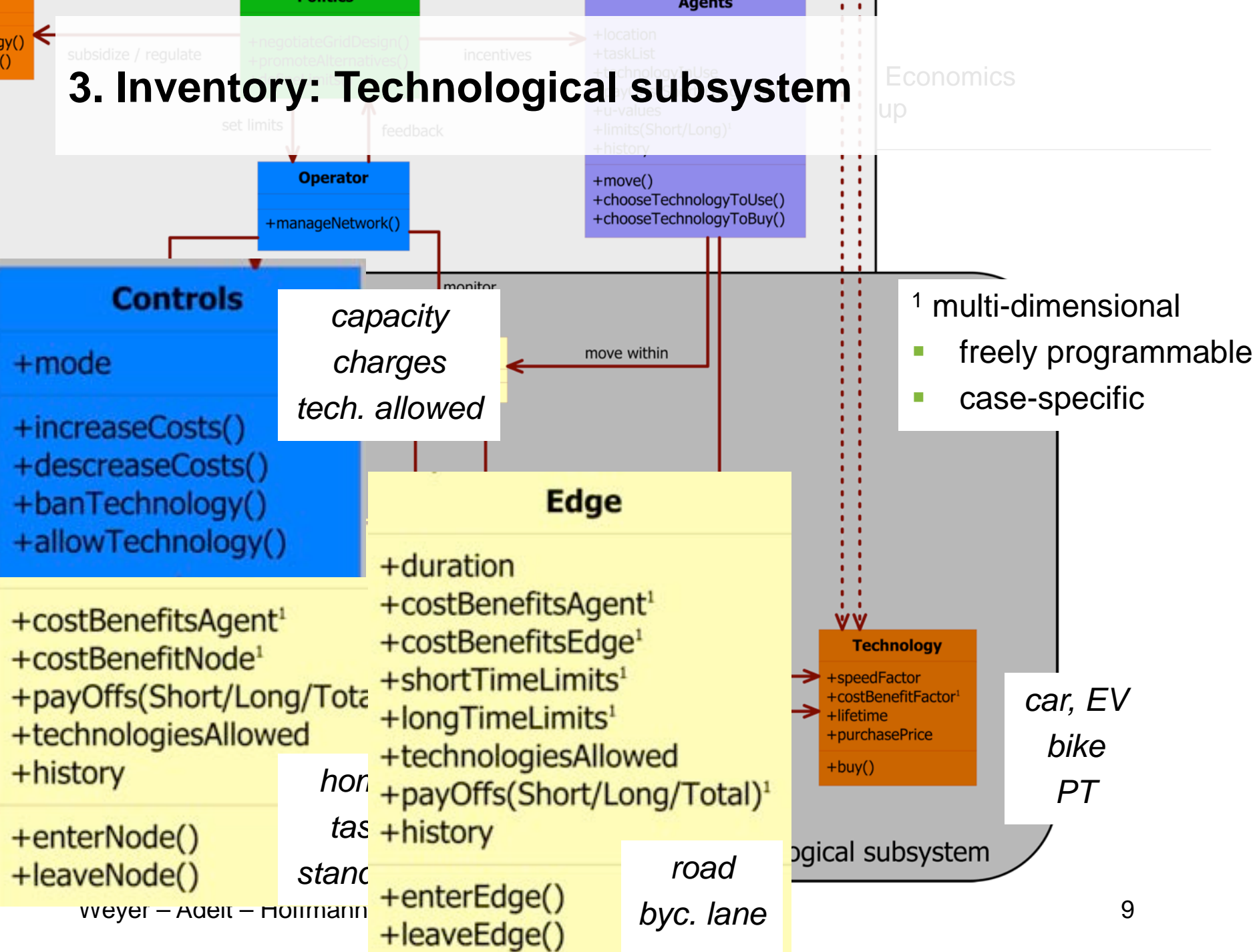
3. Inventory: Overview



3. Inventory: Social subsystem

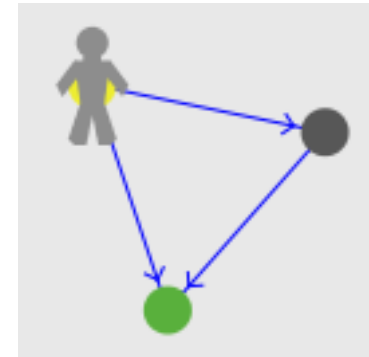


3. Inventory: Technological subsystem



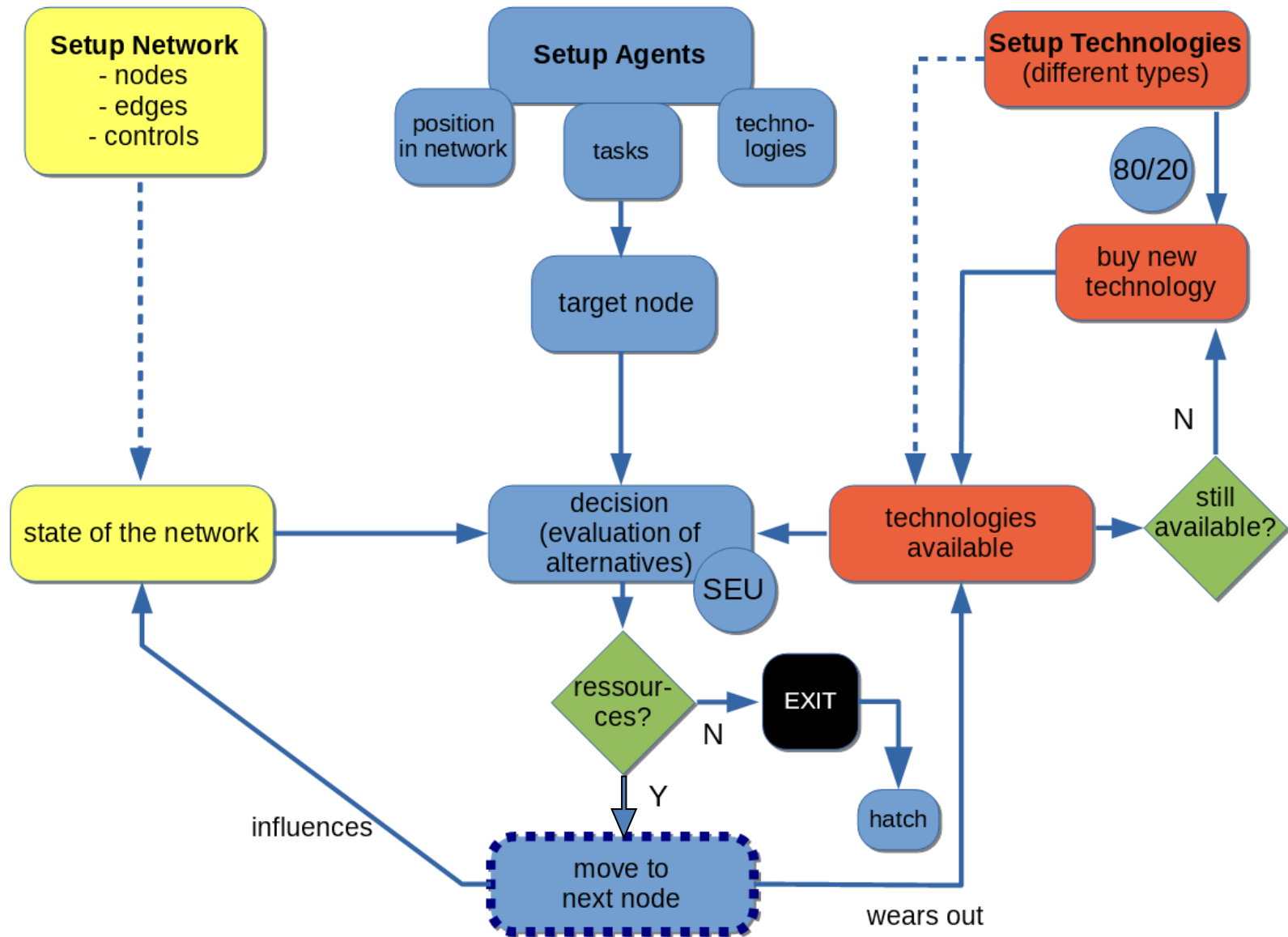
4. Concept formalization: Agents' decision making

- agents move through network
 - fulfill tasks
 - select nodes with high utility
 - use technologies
 - constrained by state of network
- sociological theory of action
 - macro-micro-macro model
 - bounded rationality
 - individual preferences and goals
 - multiple evaluation criteria → subjective expected utility

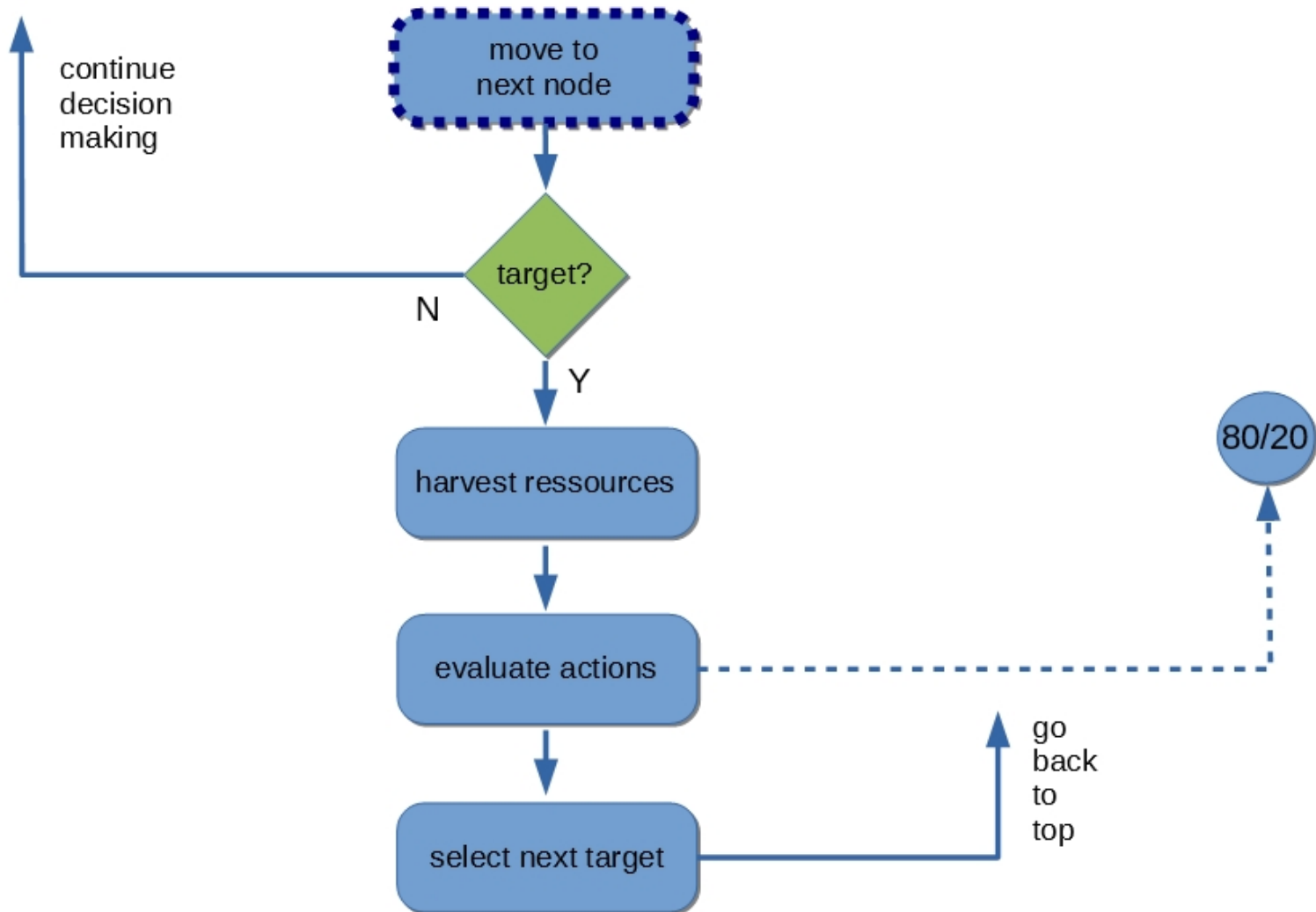


$$SEU_i = \sum_{j=1}^n p_{i,j} \cdot u_j$$

5. Agents' choices



5. Agents' choices (cont.)



7. Realistic* base scenario

	Type	Number
Nodes	Home	204
	Task	236
	Standard	160
	Total	600
Edges	Shared-small	984
	Shared-big	110
	Car-only	104
	Bike-only	3
	PT-only	110
	Total	1312
Agents	Pragmatic	750
	Eco	450
	Indifferent	1.350
	Penny Pincher	450
	Convenient	1.500
	Total	6000

- * three options**
- survey-based
(too optimistic)
 - equally distributed
 - realistic

7. Agent types

Agent types	Cheap	Fast	Eco-friendly	Comfortable	N=506
Pragmatist	3.7	6.8	2.4	1.2	119
Eco	4.4	2.0	7.6	1.9	123
Indifferent	4.0	4.6	2.8	4.2	157
Saver	9.0	4.7	3.7	0.7	58
Convenient	0.6	6.4	0.2	6.8	49

- Clusters based on mean rated goals (ranging from 1-10)
- Survey data (conducted 2014/15)
- adjustment of biases
 - additional “hidden goals” (mental frames)

7. Suitability of technologies

Technology	Fast	Cheap	Eco-friendly	Comfortable
Public transport	3.15	4.85	6.28	3.67
Bike	4.06	8.94	9.32	3.30
Car (fossil-fuelled)	6.08	3.00	1.96	6.72
Electric vehicle	7.80	6.08	7.64	7.78

- Assessment regarding the achievement of goals (ranging from 1-10)
- Survey data (conducted 2014/15)

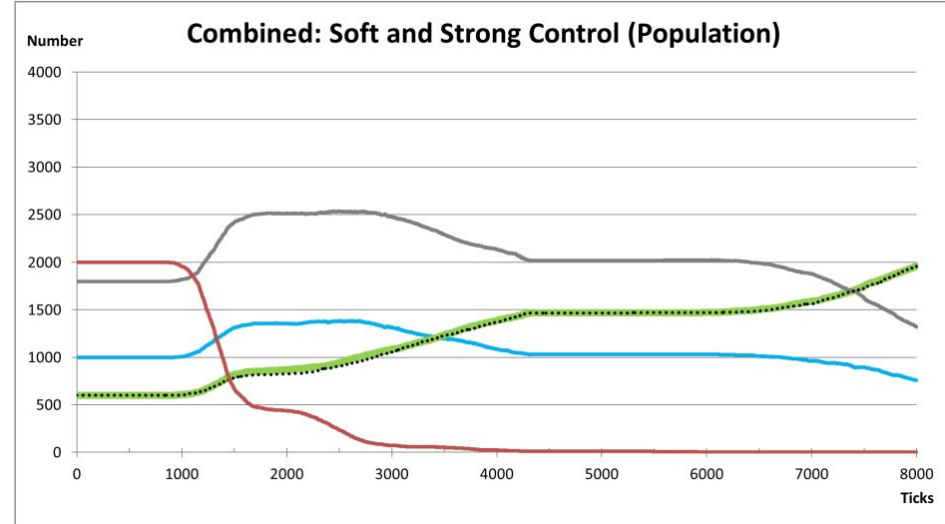
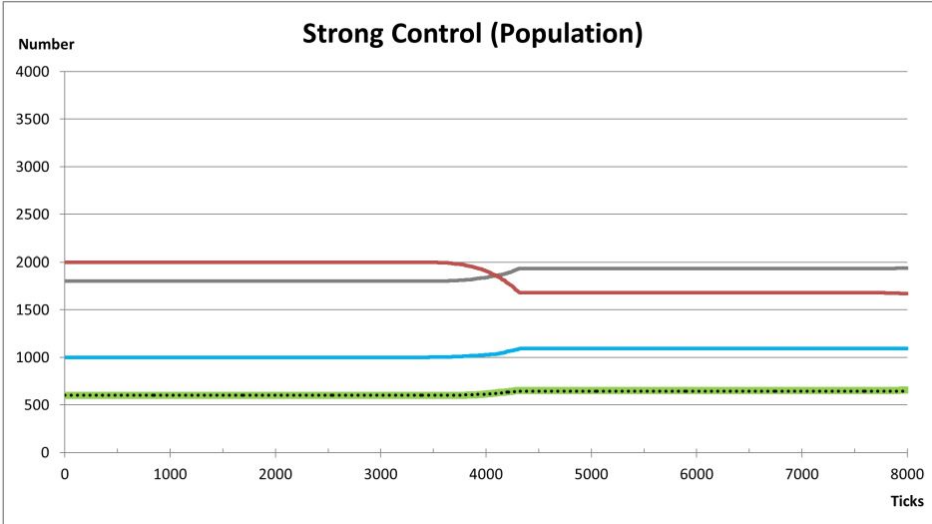
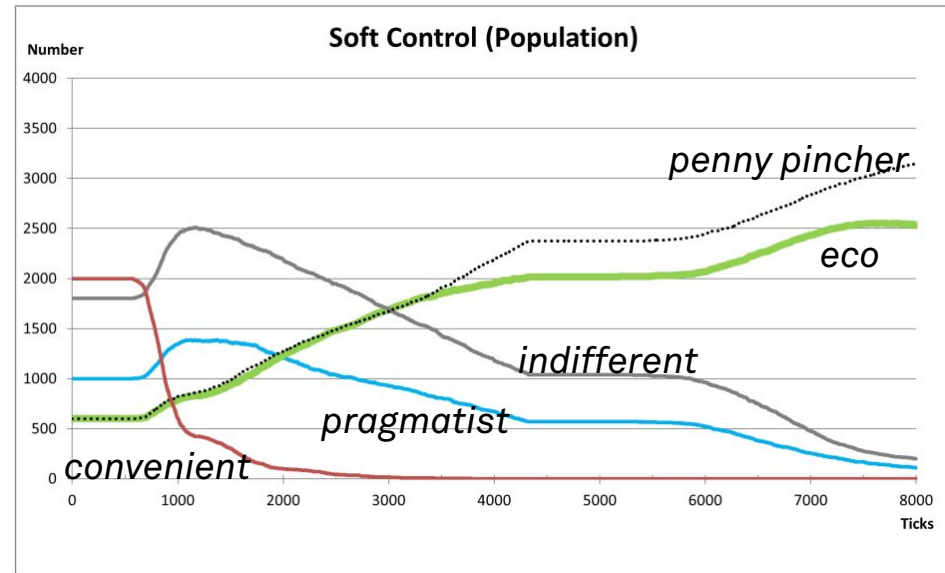
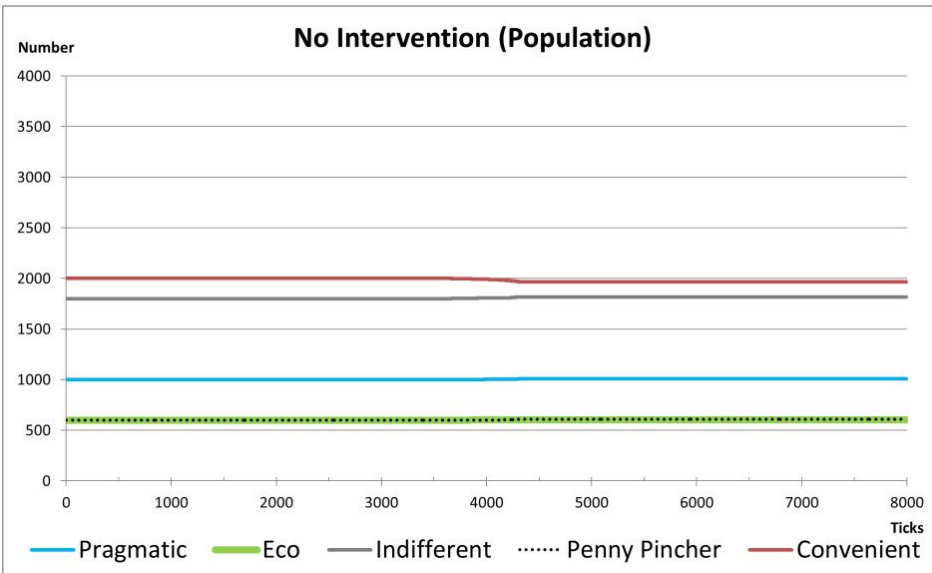
8. Regime change in road transportation



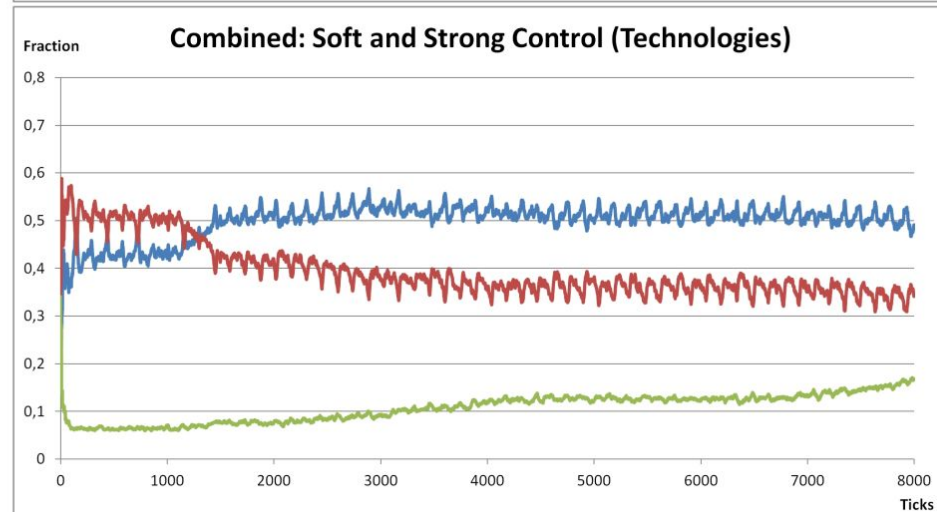
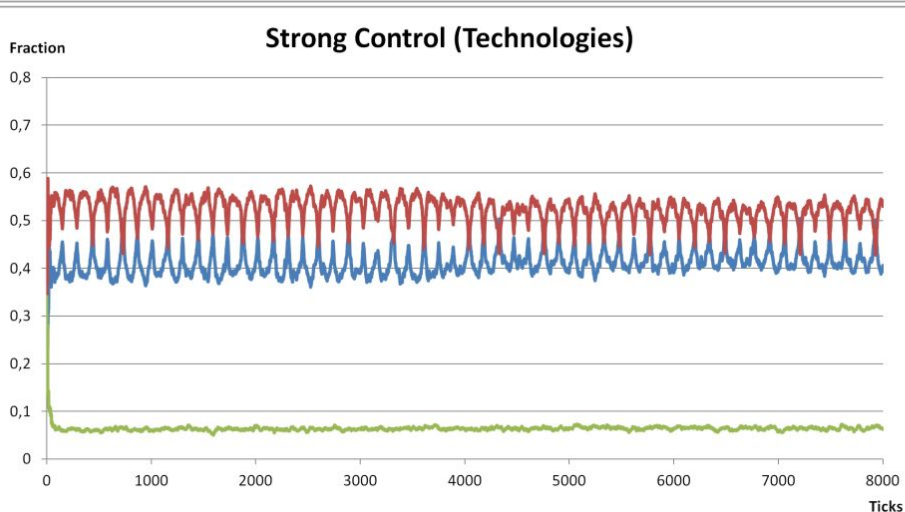
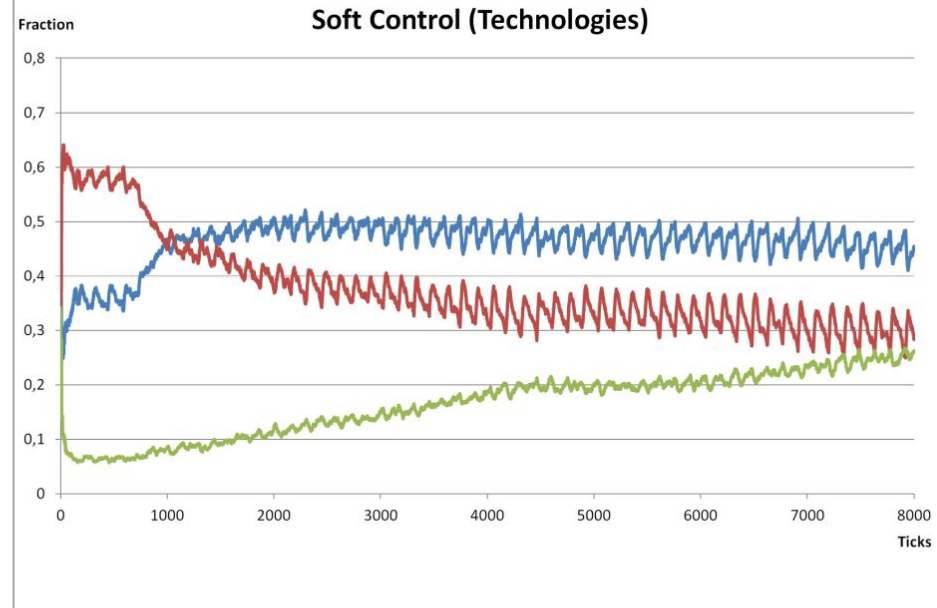
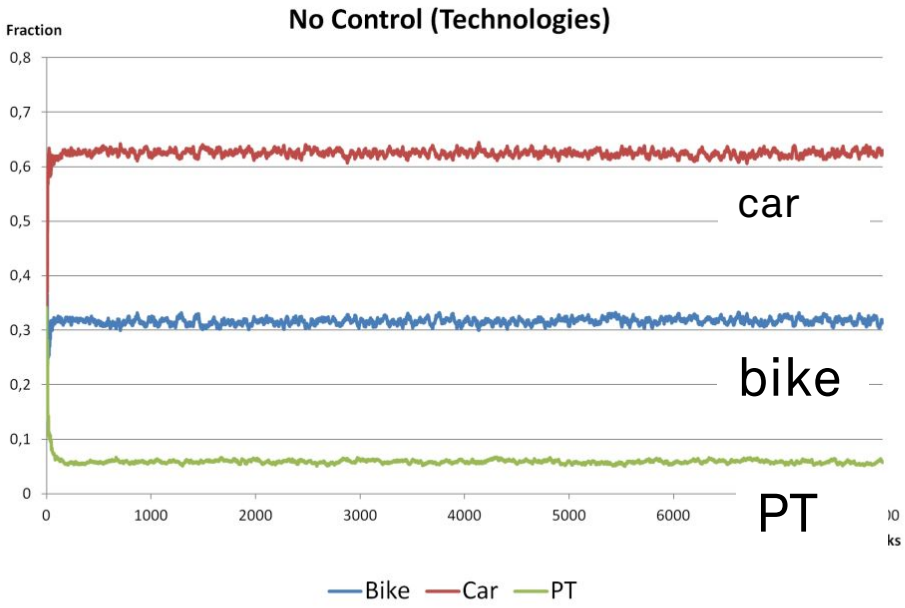
modes of governance

1. no intervention (= base scenario)
2. soft control: road pricing
 - congestion charging, emission pricing, cordon schemes
 - raising and lowering again
3. strong control: ban of the car
 - temporal, spatial
 - re-allowing after short-time („day“)
4. combination of soft and strong control
 - 60% of limit: soft measures
 - 80% of limit: (additional) strong measures

8. Agent population



8. Technology usage



8. Basic governance experiments → transformation

	Mean capacity utilization of edges	Mean pollution on edges (short)	Mean pollution on edges (long)
No control			
Soft control			
Strong control			
Combined			

8. Basic governance experiments → risk management *static* interventions (mean values)

Intervention	Capacity utilization	Emissions (short time)	Emissions (long time)
Base scenario	21,6%	18,0%	33,4%
Comfort bike	17,3%	13,2%	24,6%
Comfort public transport	19,1%	16,5%	30,5%
Costs car	16,7%	13,3%	25,4%

8. Basic governance experiments

situational interventions (**mean** values)

Mode of governance	Capacity utilization	Emissions (short time)	Emissions (long time)
No control (base scenario)			
Soft control			
Strong control			
Combined			

8. Basic governance experiments

situational interventions (**max network** values)

Mode of governance	Capacity utilization	Emissions (short time)	Emissions (long time)
No control (base scenario)	25,7%	36,1%	71,1%
Soft control	25,7%	34,8%	60,4%
Strong control	22,0%	31,8%	63,1%
Combined	22,0%	31,5%	58,6%

8. Basic governance experiments

situational interventions (**max edge** values)

Mode of governance	Capacity utilization	Emissions (short time)	Emissions (long time)
No control (base scenario)	120,5%	251,8%	471,9%
Soft control	133,8%	244,8%	444,6%
Strong control	128,4%	108,0%	202,1%
Combined	132,6%	111,5%	204,9%

9. Conclusion

- Combination
 - governance, infrastructure systems, ABMS
- Sociological theory of action

- SimCo framework
 - free of semantics
 - different scenarios
 - basic scenario
 - stable and reliable (parameter variation)

9. Conclusion (cont.)

- Objectives of investigation
 - risk management and/or system transformation
 - governance modes
 - what-if-question
 - experiments that cannot be performed in the real world
- governability of complex socio-technical systems
 - unresolved debates in political sciences (cf. Grande 2012)

9. Limitations and further perspectives

- limitations
 - ...
- further experiments
 - disturbances: stability (and recovery)
 - alternatives: (e.g. via CarSharing)
 - experiments with human probands
 - additional modules
 - e.g. creation of technological alternatives
 - implementation of different theories of action

Free public transport doesn't reduce CO₂ emissions

(Results of simulations with SimCo)

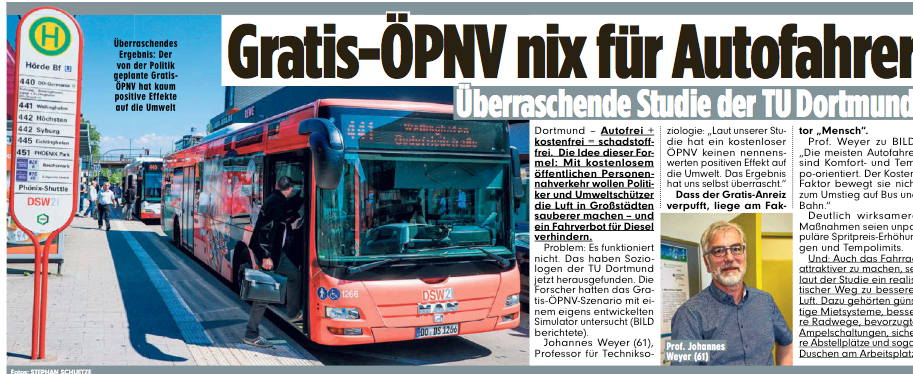


BILD
16.05.18



WDR
08.06.18

POLITIK

Gratis-Nahverkehr ohne Wirkung

Studie der TU Dortmund zeigt: Kostenloser ÖPNV hat keine positiven Effekte für die Umwelt. Forscher empfehlen Tempolimits und mehr Radwege

Von Michael Köhlstadt

Dortmund. Nahverkehr zum Nulltarif – dieser Baustein für eine gesündere Stadtluft elektrisierte Anfang des Jahres nicht nur überzogene Widersacher des Verbrennungsmotors. Die Bundesregierung hatte die Idee als Teil eines möglichen Maßnahmenpakets zur Luftreinhaltung in den Raum gestellt, ohne sich freilich allzu sehr mit Details zu befassen. In fünf Modellstädten, darunter Essen, sollen nun dieser und weitere Mittel und Wege hin zu einem emissionsarmen Verkehr getestet werden. Die Diskussion darüber dürfte durch die jüngste Klage der EU gegen Deutschland wegen zu schmutziger Luft in den Städten neuen Schub erhalten.



Johannes Weyer, Sozialwissenschaftler an der TU Dortmund

Doch bringt Fahren ohne Fahrchein überhaupt etwas für die Umwelt? Forscher der TU Dortmund zweifeln daran. Ein Jahr lang hat sich ein Team um den Sozialwissenschaftler Prof. Johannes Weyer mit der Frage beschäftigt, wie und ob sich ein kostenloser öffentlicher Nahverkehr in einer Großstadt auf die Umwelt auswirkt. Das Ergebnis der umfangreichen Datenanalyse der Forscher aus dem Fachgebiet Technikoziologie muss Anhänger des Gratis-Tarifs enttäuschen: Der kostenlose ÖPNV könne weder die Emission senken noch den Nutzen steigern, lautet das wissenschaftliche Urteil der Forscher.

Frage nach dem „Faktor Mensch“
Die Dortmund-Experten fanden anhand komplexer Rechenmodelle heraus, dass die Effekte des Gratis-Tarifs enttäuschen. Der kostenlose ÖPNV könne weder die Emission senken noch den Nutzen steigern, lautet das wissenschaftliche Urteil der Forscher.



Wie verhalten sich die Bürger, wenn der Nahverkehr kostenlos wäre? Das haben Dortmunder Forscher aufwendig simuliert.

sondern auch soziologische Kriterien. „Uns ging es darum, speziell den Faktor Mensch zu erfassen mit all seinen Irrationalitäten“, erläutert Weyer die Grundzüge des Projekts. Mit einer „Agenten“-Simulation, die die Verhaltensmuster der Bürger in einer Box, um eine realistische Darstellung zu bekommen, wohl wissend, es ist ein Modell. Grundlage sei der soziologische Begriff des „Agenten“.

Fabian Adelt und Marlon Philipp

rascht“, sagte Johannes Weyer im Gespräch mit dieser Zeitung.

Die Dortmund-Experten stützen sich in ihrer Analyse auf eine eigens entwickelte Computer-Simulation, die nicht nur objektive Daten wie Verkehrsstatistiken und Kostenstrukturen berücksichtigt, sondern auch soziologische Kriterien. „Uns ging es darum, speziell den Faktor Mensch zu erfassen mit all seinen Irrationalitäten“, erläutert Weyer die Grundzüge des Projekts. Mit einer „Agenten“-Simulation, die die Verhaltensmuster der Bürger in einer Box, um eine realistische Darstellung zu bekommen, wohl wissend, es ist ein Modell. Grundlage sei der soziologische Begriff des „Agenten“.

In der konventionellen Verkehrsforschung sei der Fahrer dagegen eine Art Black Box, so Weyer, nicht so einfach umsteigt, wenn das Nahverkehrsticket billiger oder gar kostenlos angeboten wird.“ Für Autofahrer sei der Spritpreis nicht so relevant wie häufig dargestellt, mitunter nehme er es kaum wahr, wenn sich die Preise erhöhten. Auch die Bequemlichkeit spiele

eine Rolle. Immerhin das konnte das Weyer-Team zeigen: Ab einer Verdoppelung der Pkw-Kosten traten in der Simulation nennenswerte Verhaltensänderungen der Autofahrer auf. Die gingen dann soweit, dass manche Modell-Fahrer komplett aus dem System ausstiegen. Weil unsere Agenten pleite waren“, sagt Weyer. „Das ist natürlich ein unerwünschter Effekt.“ Eine Verdoppelung der Spritpreise hält der Dortmund-Soziologe gesellschaftlich denn auch für nicht durchsetzbar.

Vorrang für Radler
Die Forscher haben aber auch an anderen Stellschrauben ihrer Simulation gedreht, die derart viel Rechnerleistung verbraucht, dass man sie nur mit den individuellen Entscheidungsprozessen von ein paar Hundert „Agenten“ füttern kann. Sie wollten natürlich wissen, was denn der Umwelt nützen würde, wenn es schon der Gratis-Nahverkehr nicht schafft. Die Ergebnisse dürften Verkehrspolitiker und -planer aufhorchen lassen: Flächendeckende Tempolimits füttern einen nachweisbaren Effekt erkennen, besonders aber die Verbesserung der Infrastruktur für Radfahrer: sichere und komfortablere Radwege, Vorrang für Radler, ausreichend Abstellplätze und ein gutes Verkehrsnetz etwa für E-Bikes.

Um fast ein Viertel ließe sich damit die Umweltbelastung reduzieren, berechnete der Computer. Weyer: „Eine Komfortsteigerung im Radverkehr hätte enorme Effekte für die Umwelt, vor allem ist sie die kostengünstigste aller Varianten.“

Vorreiter-Studie

Prof. Johannes Weyer hat mit seiner von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG und der französischen Industriestiftung Foncsi geförderten Verkehrssimulation ein breites Feld erobert. Die Fahr- und Verhaltensmuster der Bürger in einer Box, um eine realistische Darstellung zu bekommen, wohl wissend, es ist ein Modell. Grundlage sei der soziologische Begriff des „Agenten“.

Fabian Adelt und Marlon Philipp

scherkollegen besonders aus dem Ausland gezeigt. Laut Weyer ist die von ihm entwickelte Simulations-Software die erste, die in dieser Form soziologische Komponenten miterblickt.

Thanks for your attention!

Fabian Adelt, Weyer, Johannes, Sebastian Hoffmann, Andreas Ihrig, 2018:
Simulation of the of complex systems (SimCo). Basic concepts and and experiments on urban transportation, *in: Journal of Artificial Societies and Social Simulation 21 (2)*, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/21/2/2.html>.

www.simco.wiwi-tu-dortmund.de