

# TATuP

ZEITSCHRIFT FÜR TECHNIKFOLGENABSCHÄTZUNG IN THEORIE UND PRAXIS 26/3 (2017)

[www.tatup.de](http://www.tatup.de) Begutachtete Open-Access-Zeitschrift im oekom verlag



## TECHNIK *FOLGEN* SIMULIERT

**Thema** Agentenbasierte Modellierung und Simulation

**Forschung** Grüne Gentechnik und Genome Editing

**Interview** mit Wissenschaftsjournalist Jean Pütz

# TATuP

– Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis ist das zentrale Publikationsorgan für alle, die im interdisziplinären Feld der Technikfolgenabschätzung sowie angrenzenden Themengebieten tätig sind. Die begutachtete Open-Access-Zeitschrift richtet sich gleichermaßen an Wissenschaft und interessierte Öffentlichkeit. TATuP erscheint dreimal im Jahr in gedruckter und elektronischer Form.

## IMPRESSUM

### HERAUSGEBER



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Technikfolgenabschätzung  
und Systemanalyse (ITAS)  
Karlstraße 11  
76133 Karlsruhe



### VERLAG



oekom verlag GmbH  
Waltherstraße 29  
80337 München

### HERAUSGEBERGREMIUM

Prof. Dr. Armin Grunwald, *KIT-ITAS, Karlsruhe (Vorsitzender)*  
Prof. Dr. Regine Kollek, *Universität Hamburg*  
Dr. Stephan Lingner, *EA European Academy, Bad Neuenahr-Ahrweiler*  
Dr. Linda Nierling, *KIT-ITAS, Karlsruhe*  
PD Dr. Mahshid Sotoudeh, *ITA, Wien*  
Dr. Marcel Weil, *KIT-ITAS, Karlsruhe*

### WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT

Mag. Dr. Georg Aichholzer, *ITA, Wien*  
Prof. Dr. Daniel Barben, *Universität Klagenfurt, Wien/Graz*  
Prof. Dr. Birgit Blättel-Mink, *Universität Frankfurt am Main*  
Prof. Dr. Alfons Bora, *Universität Bielefeld*  
Prof. Dr. Hans-Liudger Diemel, *nexus Institut, Berlin*  
Prof. Dr. Ulrich Dolata, *Universität Stuttgart*  
Prof. Dr. Matthias Finkbeiner, *TU Berlin*  
Prof. Dr. Carl Friedrich Gethmann, *ForschungsKollegSiegen*  
Prof. Dr. Rainer Grießhammer, *öko Institut, Freiburg i. Br.*  
Prof. Sven Owe Hansson, *Royal Institute of Technology, Stockholm*  
PD Dr. Jessica Heesen, *Universität Tübingen*  
Prof. Dr. Matthias Kaiser, *University of Bergen*

Prof. Dr. Andrzej Kiepas, *TU Gliwice*  
Dr. Ralf Lindner, *Fraunhofer ISI, Karlsruhe*  
PD Dr. Michael Nentwich, *ITA, Wien*  
Prof. Dr. Alfred Nordmann, *TU Darmstadt*  
Prof. Dr. Sebastian Pfotenhauer, *TU München*  
Prof. Dr. Thomas Saretzki, *Universität Lüneburg*  
Prof. Dr. Petra Schaper-Rinkel, *Austrian Institute of Technology, Wien*  
Prof. Dr. Miranda Schreurs, *HfP an der TU München*  
Dr. Elena Seredkina, *Universität Perm*  
Prof. Dr. Karsten Weber, *OTH Regensburg*  
Prof. Dr. Johannes Weyer, *TU Dortmund*

### REDAKTION

Constanze Scherz (Leitung)  
Jonas Moosmüller  
Dr. Ulrich Ufer

Kontakt:  
Institut für Technikfolgenabschätzung  
und Systemanalyse (ITAS)  
Karlstraße 11  
76133 Karlsruhe

Telefon: +49 (0)721 608 26814  
E-Mail: [redaktion@tatup.de](mailto:redaktion@tatup.de)

### HINWEIS FÜR AUTORINNEN UND AUTOREN

Die Redaktion freut sich über die Einreichung von Artikeln zum breit verstandenen Feld der Technikfolgenabschätzung. Um die Bedingungen der Veröffentlichung vorab zu klären, setzen Sie sich bitte mit der Redaktion in Verbindung: [redaktion@tatup.de](mailto:redaktion@tatup.de).

Erscheinungsweise: 3x jährlich

### BESTELLUNG

Abonnement und Änderungen  
Der Bezug der gedruckten Ausgabe ist kostenlos.  
Für ihre Bestellung nutzen Sie bitte

[www.oekom.de/tatup/bezug](http://www.oekom.de/tatup/bezug)  
oder: Verlegerdienst München GmbH  
Aboservice oekom verlag  
Gutenbergstraße 1  
82205 Gilching

Telefon: +49 (0)8105 388 563  
Telefax: +49 (0)8105 388 333  
E-Mail: [oekom-abo@verlegerdienst.de](mailto:oekom-abo@verlegerdienst.de)

### TATUP ONLINE

Kostenlose Ausgabe unter [www.tatup.de](http://www.tatup.de)  
Regelmäßige Neuigkeiten per Newsletter:  
Abonnement unter [www.oekom.de/tatup/tatup-newsletter](http://www.oekom.de/tatup/tatup-newsletter)

### DRUCK/PAPIER

Umschlag und Innenteil Circle Offset Premium White,  
100 % FSC-Recyclingpapier,  
zertifiziert mit dem Blauen Engel (RAL-UZ 14).

Druckerei: Kessler Druck + Medien GmbH & Co. KG  
86399 Bobingen  
[www.kesslerdruck.de](http://www.kesslerdruck.de)

### ANZEIGEN

Janine Gaumer  
oekom verlag GmbH  
Telefon: +49 (0)89 54418435  
E-Mail: [anzeigen@oekom.de](mailto:anzeigen@oekom.de)

### VISUELLE KONZEPTION UND GESTALTUNG

Kornelia Rumberg, [www.rumbergdesign.de](http://www.rumbergdesign.de)

### GRAFIK UND SATZ

Tobias Wantzen, [www.wantzen.com](http://www.wantzen.com)

### ISSN

1619-7623 (Print), 2199-9201 (Online)

### COPYRIGHT UND LIZENZ

Als Open-Access-Zeitschrift erscheinen alle in TATuP veröffentlichten Inhalte soweit nicht anders angegeben unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0 ([creativecommons.org/licenses/by/4.0/](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))

Erfüllungsort/Gerichtsstand: München



ClimatePartner<sup>®</sup>  
klimaneutral

Verlag | ID: 128-50040-1010-1082

oekom kompensiert bereits seit 2008 seine unvermeidlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen

# Editorial



## MAHSHID SOTOUDEH

Institut für Technikfolgen-Abschätzung  
der Österreichischen Akademie der  
Wissenschaften, Wien  
(msotoud@oeaw.ac.at)

Vorausschauende Studien in der Technikfolgenabschätzung (TA) beschäftigen sich mit der Abschätzung von unvorhergesehenen und unerwünschten Folgen der Technologien in ihrem gesellschaftlichen Kontext. David Collingridge veröffentlichte 1981 das Buch „The Social Control of Technology“ und stellte die Frage nach dem optimalen Zeitpunkt der TA in den Mittelpunkt. Je früher TA beginne, desto größer seien die Möglichkeiten, eine Technologie zu „regulieren“, schreibt Collingridge. Auch wenn heute statt Regulierung die Rede von Mitgestaltung und Governance ist, bleibt die Aussage von Collingridge relevant, dass TA an einem optimalen, frühen Zeitpunkt der Entwicklung beginnen sollte, um Fehlplanungen zu verhindern.

Ein Ziel der vorausschauenden TA-Projekte ist, in einer Kooperationsphase vor der technischen Innovation, Schlüsselfragen zum gesellschaftlichen Kontext der Technologien gemeinsam mit Gesellschaft, Wissenschaft und Politik zu definieren. TA-ForscherInnen entwickeln dazu neue Methoden zur Generierung von Visionen und Szenarien zu „Technologie und Innovation“ unter Einbeziehung dieser Akteure. Dadurch soll eine frühe Auseinandersetzung mit Erwartungen über die Zukunft durch einen nachvollziehbaren Prozess begleitet werden und erwünschte wie unerwünschte Zukunftsszenarien explizit mit der Politik kommuniziert werden. Als Beispiel wurden im Rahmen der EU-Projekte PACITA (2011–2015) und CIMULACT (2015–2018) anhand neuer Beteiligungsmethoden die nationalen und internationalen Forschungsprogramme beraten. Eine Stärke der TA in diesen vorausschauenden Forschungsarbeiten besteht in Methodenvielfalt sowie inter- und transdisziplinärer Zusammenarbeit, die eine Synthese der quantitativen und qualitativen Ansätze aus den Natur-, Technik-, Sozial- und Humanwissenschaften ermöglichen. Durch diese Studien können verschiedene normative Rahmen und darauf basierende Erwartungen für die Zukunft explizit dargestellt werden.

Die Annäherung der TA an die Zukunft beginnt daher mit der Frage, wie sollen die zukünftigen Technologien und die Rahmenbedingungen dafür sein? Im Vergleich dazu liefern theoriebasierte Zukunftsstudien Prognosen, wie die möglichen Zukunftsvarianten sein werden und welche Innovationen einen Durchbruch erzielen könnten. Im Idealfall können durch den Vergleich von rahmengebenden und prognostischen Szenarien die Unsicherheiten bezüglich der Planung neuer Technologien transparent dargestellt und realistischer kalkuliert werden.

*Mahshid Sotoudeh*

This is an article distributed under  
the terms of the Creative Commons  
Attribution License CCBY 4.0 ([https://  
creativecommons.org/licenses/by/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))  
<http://dx.doi.org/10.14512/tatup.26.3.3>

# Inhalt

TATuP 3/2017

THEMA

## Technik

### ► Folgen ► Simuliert

*Die Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation (ABMS) birgt großes Potenzial für die Technikfolgenabschätzung. Was sie leisten und wie sie auf unterschiedliche Aspekte der Technikfolgenabschätzung angewandt werden kann, zeigt das von Johannes Weyer und Michael Roos herausgegebene Thema.*

# 10

---

#### EDITORIAL

**3** M. SOTOUDEH

---

#### TA-FOKUS

**6** *Meldungen • TA-Grafik • 5 Fragen an: Peta Ashworth • Aus dem openTA-Kalender • Personalia*

---

#### THEMA „TECHNIK ► FOLGEN ► SIMULIERT“ \* peer reviewed

**11** J. WEYER, M. ROOS  
*Agentenbasierte Modellierung und Simulation.  
Instrument prospektiver Technikfolgenabschätzung*

**17** C. STUMMER, M. GÜNTHER  
*Szenario-Analyse trifft agentenbasierte  
Marktsimulation. Entscheidungsunterstützung  
bei der strategischen Technologieplanung\**

**23** C. GRÄBNER, T. HEINRICH  
*Von Onlineplattformen und mittelalterlichen  
Märkten. Gleichgewichtsmodelle und agentenbasierte  
Modellierung zweiseitiger Märkte\**

**30** F. LEWALDER  
*Diffusionsprozesse von Öko-Innovationen.  
Ein agentenbasierter Ansatz\**

**37** F. ADEL, S. HOFFMANN  
*Der Simulator „SimCo“ als Tool der TA.  
Experimente zur Verkehrssteuerung\**

**44** J. SCHEFFRAN, P. M. LINK, M. SHAABAN, D. SÜSSER,  
J. YANG  
*Technikfolgenabschätzung in Energielandschaften.  
Agentenbasierte Modellierung von Energiekonflikten\**

**51** M. MÜLLER, M. KUDIC, A. PYKA  
*Ex-ante Evaluation von Investitionsalternativen.  
Am Beispiel von Wissenstransfer-, Lern- und  
Innovationsprozessen\**

FORSCHUNG

## Grüne Gentechnik und Genome Editing

*Insbesondere im Bereich der Grünen Gentechnik gilt Genome Editing als Technologiesprung in der Gentechnologie und stimuliert eine neue Debatte über Chancen, Risiken, gesellschaftliche Interessen und Optionen. Welche Herausforderungen ergeben sich daraus für die Wissenschaftskommunikation?*

64

INTERVIEW

## Wissen als demokratisches Prinzip

*Philipp Schrögel im Gespräch mit Jean Pütz über die politische und moralische Verpflichtung zum Austausch, über einfache Sprache als Brücke zwischen Forschern und Bürgern und über das Selbermachen als Weg zur Aneignung von Wissen.*

70

---

FORSCHUNG

\* peer reviewed

- 58** C. DILLER, M. GARDT, M.-L. LITMEYER  
*Neutrale Akzeptanzerhebungen? Einflussmöglichkeiten der Forschung am Beispiel von Windenergieanlagen\**
- 64** S. ALBRECHT, J. DIEKÄMPER, L. MARX-STÖLTING, A. SAUTER  
*Grüne Gentechnik und Genome Editing. Erfordernisse einer Neuausrichtung der Wissenschaftskommunikation\**

---

INTERVIEW

- 70** J. PÜTZ  
*Wissen als demokratisches Prinzip. Philipp Schrögel im Gespräch mit einem begeisterten Wissensvermittler über die politische und moralische Verpflichtung zum Austausch*

---

REFLEXIONEN

- 74** F. SEIFERT  
*Rezension: Gestaltungsmacht der Wissenschaftspolitik?*
- 76** C. PRIEFER, L. NIERLING, C. SCHERZ, M. SOTOUDEH, L. HEBÁKOVÁ  
*Report: There is a crack in everything. That's how the light gets in. 3<sup>rd</sup> European TA Conference*
- 78** G. AICHHOLZER, D. ALLHUTTER, L. CAPARI, A. GASZÓ, N. GUDOWSKY, W. PEISSEL, G. ROSE, T. SINOZIC, M. SOTOUDEH, S. STRAUSS  
*Bericht: TA17 – Digitalisierung der Arbeitswelt*

---

AUS DEM NETZWERK TA

- 81** D. HOMMRICH  
*Der openTA-Blog*

---

AUSBLICK

- 82** TATuP Dates

## Meldungen

### INTERNATIONAL

#### Türkisches STS-Netzwerk

Die Wissenschafts- und Technikforschung (STS) spielt auch in der Türkei eine immer wichtigere Rolle. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Orient Instituts Istanbul und der Middle East Technical University in Ankara haben reagiert und das Netzwerk „STS Turkey“ ins Leben gerufen. Es soll eine Plattform bieten für die Zusammenarbeit von Forscherinnen und Forschern, die die Interdependenzen zwischen Wissenschaft, Technik und Gesellschaft im türkischen Kontext untersuchen. Die Beteiligten trafen sich am 3. und 4. Oktober 2017 zur offiziellen Gründungsveranstaltung im Orient Institut Istanbul, um eine gemeinsame Vision und einen „Fahrplan“ für das Netzwerk zu entwickeln und für STS relevante akademische Programme und Forschungsaktivitäten vorzustellen. Auch die Schwierigkeiten des Feldzugangs in der Türkei und das Verhältnis von aktueller Gesetzgebung zur rasanten Entwicklung in den Biowissenschaften wurden diskutiert.

[www.ststurkey.net](http://www.ststurkey.net)

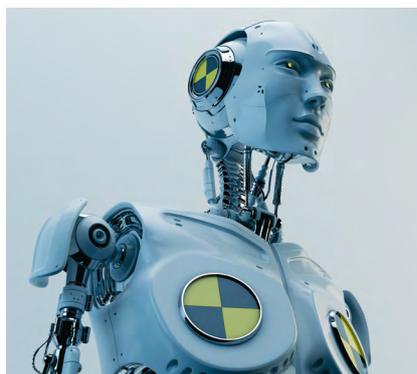
### POLITIKBERATUNG

#### Roboter-Rat in Österreich gegründet

Roboter finden vermehrt den Weg in die Mitte öffentlicher wie privater Lebenswelten. Umfragen zeigen, dass Bürgerinnen und Bürger Hoffnungen wie Sorgen mit dem Trend verbinden und sich wünschen, dass sich die Politik stärker des Themas annimmt. In Österreich wurde darauf reagiert: Ein vom Infrastrukturministerium ins Leben gerufener Rat soll künftig Optionen für den Umgang mit Robotik und Künstlicher Intelligenz erforschen. Ziel ist es, Potenziale und Risiken für Mensch und Gesellschaft herauszustellen und, darauf aufbauend, zusammen mit dem Mi-



nisterium verantwortungsvolle Handlungsstrategien zu erarbeiten. Gleichzeitig soll der Rat Informationen über das sich rasant entwickelnde Feld der Robotik für den öffentlichen Diskurs aufbereiten und verfügbar machen. Vorsitzende des neunköpfigen interdisziplinären Teams aus Wissenschaft und Wirtschaft ist Sabine Köszegi, Professorin der TU Wien. Der österreichische Roboter-Rat hat ein Budget von einer Million Euro und ist zunächst für vier Jahre nominiert.



Wie umgehen mit Robotern? Handlungsstrategien entwirft in Österreich künftig ein Roboter-Rat.

Quelle: [Ociacia/shutterstock](http://Ociacia/shutterstock)

### KONFERENZ

#### S.NET goes Politics

Die amerikanische Technik- und Wissenschaftsforschung hadert offensichtlich mit der Politik des republikanischen Präsidenten. Bei der neunten Jahrestagung der internationalen Society for New and Emerging Technologies (S.NET), die unter dem Motto „Engaging the Flux“ vom 9. bis 11. November 2017 in Phoenix (Arizona) stattfand, war Donald Trump stiler Gast. Neben dem Eröffnungsvortrag des Technikphilosophen und -soziologen Langdon Winner, der technischen Artefakten seit jeher politische Eigenschaften zuspricht, spielten in zahlreichen Vorträgen die Macht virtueller Bots zur Steuerung des Wählerverhaltens und die Grenzen der Partizipation in der Technikentwicklung eine zentrale Rolle. Forschende aus Europa und den USA nutzten die Konferenz zum Brückenschlag zwischen der Diskussion zum Responsible Research and Innovation (RRI) und politischen Gegenwartsdiagnosen. In den Keynotes von Alfred Nordmann und Ulrike Felt ging es um

die Organisation von Zeit und die Grenzen des vorausschauenden Planens der Technikentwicklung. Kreative Formate wie ein (vielleicht verfrühtes) symbolisches Begräbnis der Synthetischen Biologie und eine interaktive Ausstellung zum zweihundertjährigen „Frankenstein“-Jubiläum rundeten die Konferenz ab.  
[www.thesnet.net](http://www.thesnet.net)

## LEHRE

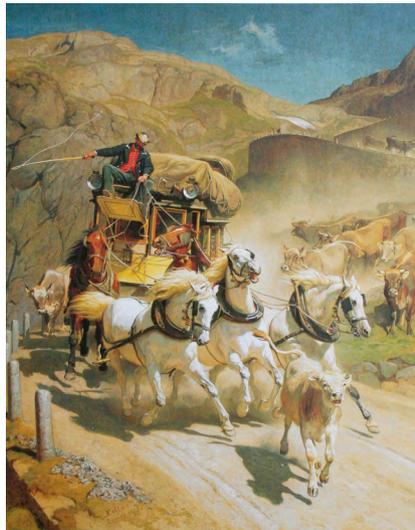
### Master mit TA-Bezug

Risiken wissenschaftlich abschätzen und auf dieser Grundlage ein proaktives Nachhaltigkeitsmanagement entwickeln – dies lernen Studierende im Masterstudiengang „Risk Assessment and Sustainability Management“ (RASUM) an der Hochschule Darmstadt. Die ersten Absolventinnen und Absolventen konnten im September dieses Jahres verabschiedet werden. Der Studiengang verbindet aus der Technikfolgenabschätzung bekannte Methoden zur Abschätzung von Veränderungsprozessen mit Fragen der praktischen Umsetzung des Leitbilds der Nachhaltigen Entwicklung in Unternehmen. Für das Konzept wurde er von der Deutschen UNESCO-Kommission ausgezeichnet.  
[rasum.h-da.de](http://rasum.h-da.de)

## EPTA-KONFERENZ

### Mobilität der Zukunft

Unter dem Motto „Shaping the Future of Mobility“ hat in Luzern am 8. November 2017 die diesjährige Konferenz des European Parliamentary Technology Assessment Network (EPTA) stattgefunden. Ausgerichtet wurde sie von TA-SWISS, der Schweizerischen Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung, die gleichzeitig ihr 25-jähriges Bestehen und den Abschied ihres langjährigen Geschäftsführers Sergio Bellucci in den Ruhestand feierte. Im Verkehrshaus Luzern – dem wichtigsten Technikmuseum und meistbesuchten Museum des Landes – beleuchteten Vortragende die vielfältigen



Zeitgemäße Mobilitätsformen – hier in Rudolf Kollers „Gotthardpost“ von 1873 – standen im Mittelpunkt der EPTA-Konferenz in Luzern.  
Quelle: wikimedia

Facetten der Mobilität der Zukunft. Auf der Konferenz präsentiert wurde zudem der EPTA-Bericht „Shaping the Future of Mobility – Mobility Pricing in Europe and beyond“ mit Beiträgen zu mobilitätspolitischen Fragen in 14 europäischen Ländern, den USA und Japan. Die im Turnus wechselnde EPTA-Präsidenschaft wird 2018 von STOA, dem „Scientific and Technological Options Assessment Programme“ am Europäischen Parlament wahrgenommen.  
[www.eptanetwork.org](http://www.eptanetwork.org)

## OPEN SCIENCE

### EU-Report zu Altmetrics

Quantitative Indikatoren wie der Impact-Faktor für wissenschaftliche Zeitschriften spielen heute eine große Rolle, wenn es darum geht, die Qualität wissenschaftlichen Arbeitens zu bewerten. Doch sind sie in Zeiten von Open Science, in denen Forschende ihre Daten frühzeitig mit Kollegen oder der Öffentlichkeit teilen und Open Access veröffentlichen, überhaupt noch zeitgemäß? Eine Expertengruppe hat sich im Auftrag der Europäischen Union mit dieser Frage auseinandergesetzt. Ergebnis ihres Reports „Next



## 5 Fragen an: Peta Ashworth

Professor, University of Queensland (Australia)

### Why do you practice TA?

I love working with people, especially where there is contention, which often happens when you introduce new technologies.

### What characterizes TA?

For me, participation is key to TA. Depending on the technology, stakeholders can differ, but participation always needs to happen early in technology development.

### What would be your first act as minister for science?

I would implement more incentives for industries to create opportunities for PhD students. I also like to bring PhD students inside of parliament, allowing them to see the nexus of science and policy early in their career.

### Which research question is being neglected?

In Australia, action on climate change remains completely politicised. We need to find a way to take politics out of such 'big issues' and work collaboratively on solutions.

### Do you turn TA upside down in Australia?

For years, TA here has had mostly negative connotations – a default to technology arrestment rather than assessment. Now we can see policy makers develop more appreciation, particularly for a participatory TA. So there is hope!

## Aus dem openTA-Kalender

**14. 02. 2018, GRAZ, EINNOV 2018** – Elnnov 2018, 15. Symposium Energieinnovation.  
www.tugraz.at/events/eninnov2018/home

**22.–23. 02. 2018, MÜNCHEN** – Aufwachen in digitalen Gesellschaften. Zur Ethik mediatisierter Kindheit und Jugend, Jahrestagung 2018 des Netzwerks Medienethik.  
www.netzwerk-medienethik.de/jahrestagung/tagung2018

**07. 05. 2018, GRAZ** – 17th Annual STS Conference 2018: Critical Issues in Science, Technology and Society Studies.  
conference.aau.at/event/137/overview

**11. 06. 2018, WIEN** – TA18-Konferenz, Technikfolgenabschätzung und Normativität – An welchen Werten orientiert sich TA?  
www.oeaw.ac.at/ita/en/events/conferences-workshops/ta18-konferenz/ueberblick

generation metrics: Responsible metrics and evaluation for open science“: Alternative Metriken (altmetrics) berücksichtigen neben den klassischen Faktoren auch die breitere gesellschaftliche Wirkung von Forschung. Die alternativen Metriken könnten so neuen Formen kollaborativen und webbasierten wissenschaftlichen Arbeitens besser gerecht werden und sogar zu einer Stärkung der Open-Science-Prin-

zipien beitragen. Ungeklärt sei jedoch beispielsweise, wie sich alternative Metriken mit klassischen Verfahren zur Evaluation und dem Peer Review verbinden lassen.  
[ec.europa.eu/research/openscience/pdf/report.pdf](http://ec.europa.eu/research/openscience/pdf/report.pdf)



Betonte die Rolle der TA für die Politikberatung zu neuen Technologien: Michael Decker, Sprecher des NTA-Koordinationsteams.

Quelle: ITA

## NETZWERK TA

### Community feiert Nanotech-Projekt

In Wien trafen sich die Mitglieder des deutschsprachigen Netzwerks TA (NTA) am 29. September 2017 zu ihrem Jahrestreffen. Im dreizehnten Jahr des Netzwerkbestehens standen Überlegungen im Mittelpunkt, wohin sich das NTA mit seinen fast 500 persönlichen und 50 institutionellen Mitgliedern entwickeln kann und soll. Das Koordinationsteam hat sich dazu eine Analyse des TA-Verständnisses und der TA-Aktivitäten aller beteiligten Institutionen vorgenommen, um auf dieser Basis auch auf potenziell neue Mitglieder zuzugehen. Im Anschluss an das Jahrestreffen lud das Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) zur Feier des zehnten Jahrestags des Projekts „NanoTrust“, das sich mit sicherheitsrelevanten Fragen des Einsatzes von Nanomaterialien befasst. „Mit Unterstützung mehrerer Ministerien ist in Österreich ein leistungsfähiges Netzwerk entstanden, das am Beispiel der Nanotechnologien demonstriert, wie man mit neuen Technologien umgehen soll“, unterstrich Projektleiter André Gzásó vom ITA die Bedeutung von NanoTrust. In seinem Festvortrag betonte Michael Decker, Sprecher des NTA-Koordinationsteams vom Karlsruher Institut für Technologie, den Beitrag der TA zur wissenschaftsbasierten Politikberatung bei neuen Technologien.

[www.openta.net/netzwerk-ta](http://www.openta.net/netzwerk-ta)

## JUBILÄUM

### 10 Jahre Netzwerk Zukunftsforschung

Moderne Gesellschaften zeichnen sich durch einen großen Bedarf an zukunftsbezogenem Wissen aus. Ein Treffpunkt für Menschen, die auf diesen Bedarf antworten – unabhängig ob aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft –, ist seit zehn Jahren das Netzwerk Zukunftsforschung. Das Jubiläum wurde mit einer Tagung am 19. Oktober 2017 in Berlin gefeiert. Im

Mittelpunkt der Veranstaltung stand die Öffnung des Netzwerks für den Umgang mit Zukünften in anderen Disziplinen und im internationalen Umfeld. Ganz in diesem Sinne kam die Keynote von Riel Miller, der als UNESCO-Experte für Anticipation and Foresight weltweit Future Literacy Workshops organisiert. [www.netzwerk-zukunftsforschung.de](http://www.netzwerk-zukunftsforschung.de)

## CALL FOR PAPERS

### Normative Grundlagen der TA

Technikfolgenabschätzung will dazu beitragen, negative Effekte neuer Technologien zu minimieren und positive zu maximieren. Sie selbst soll dabei neutral bleiben, obwohl sie in der Praxis auf normative Bezugspunkte angewiesen ist: Welche Technologien kommen auf den Prüfstand? Welche Effekte gelten als positiv bzw. negativ? Wer soll gehört werden? Das Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) in Wien beschäftigt sich bei seiner Jahrestagung am 11. Juni 2018 mit „Technikfolgenabschätzung und Normati-

vität“. Abstracts können bis zum 2. März 2018 unter [tamail@oeaw.ac.at](mailto:tamail@oeaw.ac.at) eingereicht werden.

[www.oeaw.ac.at/ita/veranstaltungen/konferenzen-workshops/ta18](http://www.oeaw.ac.at/ita/veranstaltungen/konferenzen-workshops/ta18)

## NEUERSCHEINUNG

### Open Innovation für Medikament-Entwicklung

Ebola, Malaria, Tuberkulose: Das sind nur die drei bekanntesten arbeitsbedingten Krankheiten, unter denen Millionen von Menschen leiden. Dass sie gerade in armen Ländern auftreten, liegt auch daran, dass die Entwicklung von Medikamenten wirtschaftlich nur wenig attraktiv ist. Katrin Gerlinger hat sich intensiv mit der Frage beschäftigt, wie Forschung und Entwicklung zu den so genannten vernachlässigten Krankheiten gestärkt und Handlungsoptionen für die Politik entwickelt werden können (vgl. TATuP 1–2/2017). In ihrer jetzt erschienenen Monografie unterstreicht die Wissenschaftlerin vom Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag insbesondere das

Potenzial offener Innovationsprozesse: Öffentliche Einrichtungen und Pharmafirmen öffnen dabei ihre Substanzbibliotheken und Labore gezielt für Forschungsaktivitäten zu ausgewählten vernachlässigten Krankheiten, verwalten und nutzen Patente gemeinsam und machen Daten von klinischen Studien für die gemeinsame Weiterentwicklung von Wirkstoffen zugänglich.



Gerlinger, Katrin (2017):

#### **Medizinische Innovationen für Afrika.**

Forschung und Produktentwicklung zur Bekämpfung vernachlässigter Krankheiten. Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Bd. 44. Baden-Baden: Nomos Verlag, 399 S., Print ISBN 9783848743117

## Personalia



**CHRIS TYLER** wechselte im Sommer 2017 von der Spitze des britischen Parliamentary Office of Science and Technology (POST) ans University

College London. Als Director of Public Policy ist er dort Teil der Leitung des Department of Science, Technology, Engineering and Public Policy (STeAPP). Chris Tyler ist promovierter Anthropologe und Mitglied des Beirats der Campaign for Science and Engineering (CaSE). Er beschäftigt sich mit der Bedeutung wissenschaftlicher Evidenz für die Politik und Fragen der engeren Verzahnung von Wissenschaft und politischen Akteuren. Diese Kompetenzen will er am STeAPP in den Aufbau neuer Programme an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik einbringen.



**ELISABETH EHRENSPERGER** hat im November 2017 die Leitung der Geschäftsstelle von TA-SWISS übernommen. Die promovierte Historikerin

und Politologin forschte mehrere Jahre zur Funktion Nationaler Ethikkommissionen in europäischen Demokratien am Ethik-Zentrum der Universität Zürich. Nach Absteuern in die Verwaltung und den Journalismus übernahm sie 2013 die Leitung der dem schweizerischen Bundesamt für Gesundheit angegliederten Geschäftsstelle der Nationalen Ethikkommission im Bereich Humanmedizin. Elisabeth Ehrensperger ist langjähriges Mitglied des Leitungsausschusses von TA-SWISS.



**CÉDRIC VILLANI** wurde

im Juli 2017 zum neuen Vorsitzenden des Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) gewählt. Seit 1983 unterstützt OPECST als gemeinsame Einrichtung von Nationalversammlung und Senat die französische Legislative bei der Bewertung wissenschaftlicher und technologischer Entscheidungen. Cédric Villani ist mehrfach ausgezeichnete Mathematiker, Physiker und Politiker und war als Mitglied des OPECST und der High Level Group of Scientific Advisors der Europäischen Kommission in der Politikberatung aktiv. Er will den Adressatenkreis von OPECST um weitere Organe des Parlaments sowie um die Zivilgesellschaft erweitern.

THEMA

# Technik ► *Folgen* ► Simuliert

Die Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation (ABMS) birgt großes Potenzial für die Technikfolgenabschätzung. Was sie leisten und wie sie auf unterschiedliche Aspekte der Technikfolgenabschätzung angewandt werden kann, zeigt das von Johannes Weyer und Michael Roos herausgegebene Thema.

# Agentenbasierte Modellierung und Simulation

## Instrument prospektiver Technikfolgenabschätzung

Johannes Weyer, TU Dortmund, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Fachgebiet Techniksoziologie, Otto-Hahn-Str. 4, 44227 Dortmund  
(johannes.weyer@tu-dortmund.de),  [orcid.org/0000-0002-0181-8723](https://orcid.org/0000-0002-0181-8723)

Michael Roos, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Lehrstuhl Makroökonomik (michael.roos@rub.de),  
 [orcid.org/0000-0002-5465-9893](https://orcid.org/0000-0002-5465-9893)

Der Beitrag führt in die Thematik ein und gibt einen Überblick über die theoretischen und methodischen Grundlagen der agentenbasierten Modellierung und Simulation (ABMS). Er stellt die Potenziale der neuen Methode dar und begründet, warum TA und ABMS von einer engeren Zusammenarbeit profitieren. Schließlich wirft er einen Blick auf die Beschränkungen der ABMS sowie auf aktuelle Herausforderungen.

### Agent-Based Modeling and Simulation

A Tool for Anticipatory Technological Impact Assessment

*This article introduces the topic of the special volume and gives an overview of the theoretical and methodological principles of agent-based modeling and simulation (ABMS). We present the potentials of the new method and argue why technological impact assessment and ABMS could benefit from a closer collaboration. Finally, we discuss the limitations of ABMS and current challenges.*

**KEYWORDS:** ABMS, sociological theory, economic theory, methods

## Einleitung

Die Technikfolgenabschätzung (TA) ist ein etabliertes und gut institutionalisiertes Instrument der Analyse technischer Innovationsprozesse und der durch diese induzierten gesellschaftlichen Folgen. Sie setzt dabei systemanalytische, diskursanalytische und beteiligungsorientierte Verfahren ein und versucht mit Hilfe prospektiver Verfahren, einen Blick in die Zukunft zu werfen (Grunwald 2010) bzw. zu verstehen, wie denkbare Zukünfte in der Gegenwart verhandelt werden (Lösch 2017). Szenariogeleitete Verfahren skizzieren unterschiedliche Entwicklungspfade und tragen auf diese Weise dazu bei, politische Entscheidungen

über die Entwicklung bzw. den Einsatz neuer Technologien zu unterstützen, beispielsweise im Bereich erneuerbarer Energien (Grabietz et al. 2016).

Für politische Entscheider kann es jedoch wichtig sein zu wissen, welche Faktoren den Ausschlag geben, dass der Entwicklungspfad eines komplexen soziotechnischen Systems sich in eine bestimmte Richtung bewegt, vor allem aber, welche Konsequenzen steuernde Interventionen haben. Hier kommt die agentenbasierte Modellierung und Simulation (ABMS) ins Spiel, die sich in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften seit einiger Zeit einer gewissen Beliebtheit erfreut, ermöglicht sie doch, komplexe Systeme im Computer zu modellieren und deren künftige Entwicklung zu simulieren (Gilbert 2008). Andere sozialwissenschaftliche Methoden wie Fallstudien, teilnehmende Beobachtung, Interviews oder fragebogengestützte Einstellungserhebungen liefern wertvolle Daten für die Entwicklung agentenbasierter Modelle, aber auch die Szenarien, mit denen die ABMS operiert. Man kann somit von einem komplementären Verhältnis unterschiedlicher Forschungsansätze sprechen, in das die ABMS sozioökonomischer Systeme die folgenden vier „Bausteine“ einbringt:

- Die ABMS ermöglicht eine *dynamische Modellierung* sozioökonomischer Systeme und damit eine Analyse von Prozessen des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wandels.
- Grundlage der ABMS ist die *Mikrofundierung* sozioökonomischer Prozesse, d. h. die Agenten werden mit individuellen Eigenschaften, Präferenzen und Strategien ausgestattet.
- Die Entstehung *emergenter Strukturen* auf der Makro-Ebene sozioökonomischer Systeme wird durch das Wechselspiel von Mikro-Ebene (Agenten) und Makro-Ebene (System) erklärt.
- Zudem ist die ABMS eine *experimentelle Methode*, die es erlaubt, Parameter gezielt zu variieren und die Auswirkungen der Variationen zu beobachten. Sie holt somit die Gesellschaft ins Labor und ermöglicht es, Experimente durchzuführen, die im Realmaßstab nicht praktikabel oder aus ethischen Gründen sogar verboten wären (Epstein 2007; Holtz et al. 2015).

Die ABMS hat sich daher zu einem Instrument der wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Forschung entwickelt, das den Methodenkanon von qualitativen und quantitativen Verfahren ergänzt und erweitert (Van Dam et al. 2013) und so auch zu einer wertvollen Ressource der TA werden kann.

## Modellierung sozioökonomischer Systeme

Ausgangspunkt der ABMS sind softwarebasierte Modelle, also abstrakte Repräsentationen realer soziotechnischer oder sozioökonomischer Systeme im Computer, z. B. des Verkehrs- oder des Wirtschaftssystems. In diesen Systemen bewegt sich eine große Zahl Agenten, die nach Maßgabe ihrer jeweiligen subjektiven Präferenzen autonom Entscheidungen treffen. Wichtig ist, dass diese Agenten miteinander interagieren. So können die Entscheidungen eines Agenten Verhaltensänderungen anderer Agenten nach sich ziehen. Gerade diese Interaktionen und die wechselseitigen Verhaltensanpassungen führen zu Ergebnissen, die ex ante schwer zu prognostizieren sind.

Beim Nachbau komplexer Systeme am Computer, insbesondere bei der Konstruktion der Agenten und der Entscheidungs- und Interaktionsregeln greift die ABMS auf etablierte Theorien sozialen und/oder ökonomischen Handelns zurück. Dabei besteht eine Offenheit, welche Theorien und Modelle zum Einsatz kommen; sie müssen lediglich zwei Anforderungen erfüllen:

Zum einen müssen sie Annahmen über Regeln und Mechanismen enthalten (Hedström und Ylikoski 2010), z. B. über die Entscheidungsregeln der Akteure, über die Interaktions-Mechanismen sowie über die Verknüpfung von Mikro- und Makro-Ebene. Letzteres beinhaltet insbesondere die beiden Fragen, wie das System die Wahrnehmungen der Akteure beeinflusst (Makro-Mikro-Link) und wie umgekehrt aus den Handlungen der Akteure der Systemzustand emergiert (Mikro-Makro-Link).

Zum anderen müssen sie formalisierbar sein, d. h. man muss die Regeln und Mechanismen in Computersprache übersetzen können.

Agentenbasierte Modelle sind ein sehr flexibles Analyseinstrument, das die Kombination von Annahmen aus verschiedenen Theorietraditionen erlaubt und gerade dadurch zu neuen Erkenntnissen führen kann. Durch die Formalisierung und Implementierung in einer Computersoftware lässt sich zudem überprüfen, ob eine Kombination verschiedener Theorien widerspruchsfrei möglich ist.

## Agentenbasierte Modelle

Agentenbasierte Modelle bestehen in der Regel aus drei Komponenten: den Agenten, der Umwelt, in der sie sich bewegen, sowie den Regeln, denen die Interaktionen der Agenten mit anderen Agenten, aber auch mit der Umwelt folgen.

### Agenten

Softwarebasierte Agenten sind durch interne Zustände wie Alter, Geschlecht etc. sowie durch Strategien (z. B. schnell vorankommen oder die Umwelt schützen) charakterisiert. Die Technik der objektorientierten Programmierung ermöglicht es, die Eigenschaften jedes einzelnen Agenten softwaretechnisch so zu kapseln, dass jeder Agent individuelle Eigenschaften hat; zudem können die Entscheidungsprozesse einer großen Zahl von Agenten nahezu simultan abgewickelt werden, so dass große Populationen *heterogener Agenten* am Bildschirm „gezüchtet“ und deren Interaktionsprozesse beobachtet werden können (Epstein und Axtell 1996, S. 14 f.; Resnick 1995, S. 42 ff.). Agenten können in vielen Dimensionen heterogen sein, wobei es vom jeweiligen Modellzweck abhängt, welche Dimensionen berücksichtigt werden. Sie können sich hinsichtlich ihrer Eigenschaften unterscheiden, beispielsweise in Bezug auf Wohnort, Geschlecht, Bildung, Wissen, Werte, Präferenzen, Einstellungen etc. In vielen Simulations-Modellen wird mit *Agententypen* gearbeitet, die typische Kombinationen dieser Eigenschaften beinhalten und damit z. B. die Schimankschen Akteurtypen (Schimank 2010) oder die Sinus-Milieus abbilden können (Jensen et al. 2016).

### Regeln

Diese Eigenschaften beeinflussen, welche Entscheidungen die Agenten treffen, wie sie Informationen beschaffen und verarbeiten, welche Verhaltensstrategien bzw. Lernregeln sie verwenden und welchen Grad an Rationalität ihr Handeln hat. Schließlich kann auch abgebildet werden, dass Agenten unterschiedliche Netzwerke haben, innerhalb derer sie beispielsweise Informationen austauschen.

Jeder Agent orientiert sich bei seinen Entscheidungen an seinen individuellen Präferenzen und versucht, die aus seiner subjektiven Sicht geeignetste Lösung zu finden. (Die Entscheidungen können also ganz unterschiedlich ausfallen: Der eine fährt Rad, der andere Auto.) Die Agenten interagieren zudem mit ihrer Umwelt sowie anderen Agenten. Sie verändern durch ihre Aktionen die Randbedingungen des Handelns der anderen Agenten, indem sie z. B. zur Entstehung eines Verkehrsstaus beitragen.

### Topologie

In einem agentenbasierten Modell muss auch eine Topologie bestimmt werden, d. h. auf welche Weise die Agenten miteinander verbunden sind und wer mit wem interagiert. Die Modelle können räumlich sein, wobei der Raum dann oft als zweidimensionales Raster in Form eines Schachbretts dargestellt wird. Denkbar ist aber auch eine geodätisch realistische Raumdarstellung mit an der Realität orientierten Verkehrs- und Kommunikationswegen. Alternativ kann die Topologie völlig auf räumliche Bezüge verzichten. Dann ist denkbar, dass zufällig bestimmt wird, welche Akteure miteinander in Kontakt stehen, oder nur solche Agenten interagieren, die in einem Netzwerk verbunden sind. Je nach Anwendung könnte das ein Verwandtschaftsnetzwerk sein, ein berufliches Netzwerk oder auch das Unternehmensnetzwerk, das deren Geschäftsbeziehungen abbildet.

## Emergente Effekte, Interaktionen und Systemdynamik

Durch die Interaktionen der Agenten entstehen emergente Effekte – überraschende und schwer vorhersehbare Systemzustände, die sich nicht aus den Eigenschaften der Systemelemente (also der Agenten) ableiten lassen, sondern das nicht-intendierte Ergebnis der intentionalen Handlungen einer Vielzahl autonom handelnder Agenten sind.

Ein anschauliches Beispiel für einen emergenten Effekt ist der Verkehrsstau. Niemand führt ihn absichtlich herbei, und dennoch entwickelt er sich nur deshalb, weil jeder an seiner Entstehung mitwirkt. Zudem hat er unerwartete Eigenschaften, die in den Regeln der Mikro-Ebene nicht zu finden sind: Die Verkehrsteilnehmer bewegen sich vorwärts, der Stau als Makro-Phänomen hingegen mit einer konstanten Geschwindigkeit in die entgegengesetzte Richtung – wobei die Teilnehmer wechseln (vgl. Resnick 1995, S. 41; Epstein und Axtell 1996, S. 33–35 sowie das Modell *traffic basic* in Wilensky 1997)

Das Ganze geschieht durch das Wechselspiel von Mikro- und Makro-Ebene dezentral-selbstorganisiert, ohne dass es eines sozialen Planers bedarf. Die Agenten sind in ihren Wahlhandlungen (*choices*) durch die strukturellen Bedingungen (*constraints*) geprägt, die ihrerseits das Resultat vorheriger Interaktionen eben dieser Agenten sind – und sich daher dynamisch wandeln. Im Unterschied zu den üblichen mathematischen Modellen in der Volkswirtschaftslehre findet auch keine Koordination des individuellen Verhaltens durch einen Fixpunkt des Systems wie ein Marktgleichgewicht statt. Die Agenten treffen ihre Entscheidungen autonom, ohne dass diese konsistent mit den Entscheidungen anderer Agenten sein müssen. Das bedeutet nicht, dass in agentenbasierten Modellen keine Gleichgewichtszustände auftreten können. Wenn es sie gibt, sind sie das endogene Ergebnis der dezentralen Entscheidungen; sie werden nicht durch die Annahme eines Gleichgewichts im System erzwungen.<sup>1</sup>

Die *Dynamik* des Systems – wie auch dessen Komplexität – ergibt sich daher aus den Interaktionen der Agenten untereinander sowie mit ihrer Umwelt. Dabei folgen die Handlungen der Agenten oftmals einfachen Regeln (z. B. „nimm die kürzeste Route“), erzeugen aber durch nichtlineare Interaktionen ein überraschend komplexes Resultat auf der Systemebene. Derartige nicht lineare Prozesse lassen sich mit keiner anderen Methode als der ABMS darstellen und untersuchen.

Darüber hinaus ist es möglich, steuernde Eingriffe in das System zu untersuchen, indem Interventions-Szenarien durchgespielt werden, deren Ziel z. B. die Verhinderung von Verkehrsstaus oder Blackouts in Stromnetz ist, die also ein globales Optimum zu erreichen versuchen, das mehr ist als die Summe der lokalen Optima sämtlicher Agenten, welches sich als Resultat dezentraler Koordination ergibt.

<sup>1</sup> Analytische Modelle der VWL enthalten in der Regel Gleichgewichtsbedingungen, z. B. die Annahme, dass die angebotene und die nachgefragte Menge auf einem Markt gleich sind und der Markt daher geräumt ist.

## Realitätsbezug

Wie bei jeder Modellierung ist keine hundertprozentige Abbildung eines Real-Systems möglich. Es muss stets eine Abstraktion erfolgen, welche die vielfältige Wirklichkeit auf Faktoren reduziert, die für die betreffende Fragestellung als relevant erachtet werden. Dies ermöglicht es, sich auf diese Teilaspekte zu konzentrieren und ausgewählte Themen gezielt zu bearbeiten. Im Unterschied zu rein mathematischen Modellen bestehen bei der Computermodellierung wesentlich mehr Freiheitsgrade, da die Einschränkung der mathematischen Lösbarkeit des Modells wegfällt. Dies ist ein Vorteil dieser Methode, da dadurch reichere und realitätsnähere Modelle möglich sind. Im Prinzip lassen sich beliebig komplexe Vorstellungen über Sachverhalte modellieren, so dass eine weitreichende Annäherung an die Realität denkbar ist. Die wesentlichen Beschränkungen der Modellierung liegen in der Rechenleistung des verwendeten Computers, der Verfügbarkeit von Daten zur Initialisierung und Parametrisierung des Modells und der Zeit, die zur Implementierung und Analyse des Modells zur Verfügung steht. Zugleich stellt diese Freiheit eine Herausforderung für den Modellierer dar, da nun aktiv entschieden werden muss, welcher Detailgrad gewählt werden soll, um den Zweck der Modellierung und Simulation mit angemessenem Aufwand zu erreichen.

## Software

Um ein agentenbasiertes Modell zu implementieren, benötigen Entwickler eine Software. Grundsätzlich eignen sich dafür objektorientierte Programmiersprachen wie C++, Java oder Python. In einer Programmiersprache ist ein Objekt ein Element mit Funktionen, Methoden, Prozeduren und inneren Zuständen, das analog zu einem Agenten mit seinen Eigenschaften und seinem Verhalten ist. Die objektorientierten Programmiersprachen sind flexibel und vor allem schnell, was bei großen Modellen mit vielen Agenten ein Vorteil ist. Allerdings sind Programmiersprachen nicht einfach zu erlernen und können nicht bequem für die ABMS verwendet werden, da jeder Arbeitsschritt „von Hand“ programmiert werden muss. Für Anwender, die keine ausgebildeten Programmierer sind, eignet sich daher spezielle ABMS-Software häufig besser, auch wenn solche Software oft langsamer und weniger mächtig ist als eine Programmiersprache. Es gibt mittlerweile eine Vielzahl von ABMS-Softwarepaketen, von denen AnyLogic, Lsd, Repast und Swarm recht bekannt sind.

In den Sozialwissenschaften ist das Programm NetLogo weit verbreitet, unter anderem weil es einen intuitiven Einstieg ermöglicht und sich daher auch gut für die Lehre eignet. Es erlaubt aber auch die Entwicklung avancierter Programme.

Vor gut zwanzig Jahren startete die ABMS-Community bei der Modellierung der Software-Agenten mit dem KISS-Prinzip (*Keep It Simple, Stupid*), wonach komplexe künstliche Gesellschaften aus einfachen Agentenregeln entstehen (Epstein und Axtell 1996). Der Ansatz, komplexe Aggregatzusammenhänge auf einfache Mechanismen und Verhaltensregeln zurückzuführen

ren, ist immer noch eine Strömung innerhalb der *Complexity Science*. Jedoch ist klar, dass sehr einfache Heuristiken menschliches Verhalten in Situationen, in denen bewusst Entscheidungen getroffen werden, nicht adäquat beschreiben. Die rasant gestiegene Rechnerleistung erlaubt es mittlerweile, auch Modelle zu implementieren, die auf sozial- oder wirtschaftswissenschaftlichen Handlungstheorien basieren und Entscheidungs-Algorithmen enthalten, die der Komplexität des Handelns und Entscheidens realer Entscheider nahekommen (Fink und Weyer 2011).

## Methode oder Theorie?

ABMS-Konzepte erheben den Anspruch, nicht nur Methode zu sein, sondern darüber hinaus einen Beitrag zur sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Theoriebildung zu leisten, der zum einen darin besteht, Prozesse der Aggregation abzubilden, wie sie sich beim Übergang von der Mikro-Ebene der Akteur-Handlungen zur Makro-Ebene der sozioökonomischen Strukturen vollziehen (siehe dazu bereits Coleman 1995). Statistische Verfahren sowie formale Methoden der Netzwerkanalyse, die in der Ökonomie und der Soziologie weit verbreitet sind, können zwar statische Momentaufnahmen großer Kollektive liefern; aber die dynamischen Prozesse der Entstehung und Veränderung sozioökonomischer Systeme können sie nicht abbilden – und erst recht nicht erklären.

Der Beitrag der ABMS zur Theoriebildung besteht zum anderen darin, die basalen Mechanismen herauszufinden, die die Dynamik komplexer Sozialsysteme erklären können; aber diese Mechanismen werden nicht auf der Makro-Ebene der Strukturen von Wirtschaft und Gesellschaft, sondern auf der Mikro-Ebene des Handelns von Akteuren bzw. Agenten gesucht (siehe dazu bereits Hedström und Swedberg 1996). Epstein und Axtell behaupteten bereits 1996 in ihrem wegweisenden Buch „Growing Artificial Societies“, dass man soziale Systeme und deren Dynamik erst verstanden habe, wenn man sie nachbauen könne („*can you grow it?*“). Erst wenn es gelänge, künstliche Sozialsysteme zu schaffen, deren Verhalten demjenigen realer Systeme entspricht, dann habe man die Mechanismen verstanden, die die Systemdynamik produzieren. Dementsprechend denkt ihr Konzept *bottom-up*, also von den Interaktionen der Agenten ausgehend, anstatt *top-down* die Systemfunktionen in den Mittelpunkt zu rücken, wie es beispielsweise in der Systemtheorie Luhmannscher Prägung geschieht (Luhmann 1997). Allerdings besteht beim „generativen Ansatz“ von Epstein und Axtell ein Induktionsproblem: Selbst wenn bestimmte Annahmen auf der Mikro-Ebene ein in der Realität beobachtetes Verhalten auf der Makro-Ebene erzeugen können, ist damit nicht gezeigt, dass die Mikro-Annahmen notwendig für das zu erklärende Makro-Phänomen sind. Es wird damit eine mögliche Erklärung geliefert, die unter Umständen nur eine von vielen ist. Dennoch gilt: Selbst wenn die ABMS nicht beweisen kann, dass bestimmte Kausalketten die einzig möglichen Erklärungen realer Phänomene sind, besteht ihr Wert darin, die Dynamik komplexer soziotechnischer Sys-

teme untersuchbar zu machen und zudem einen Beitrag zur Anwendung und damit auch zum Test der Plausibilität sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Theorien zu leisten.

Mit Hilfe der ABMS können Experimentatoren komplexe sozioökonomische Phänomene empirisch untersuchen und insbesondere nichtlineare Systemdynamiken beobachtbar machen. Einzelne Parameter lassen sich kontrolliert variieren und so Experimente mit unterschiedlichen Settings durchführen (z. B. ein Verkehrssystem mit bzw. ohne Förderung der Elektromobilität).

Auch die ABMS kann nicht in die Zukunft schauen, aber diese Methode ermöglicht es, Zukunftsszenarien am Computer durchzuspielen – ein entscheidender Vorteil gegenüber anderen Methoden. Etablierte Verfahren wie die fragebogengestützte Erhebung von Einstellungen können beispielsweise herausfinden, ob ein Befragter bereit wäre, vom Auto auf das Fahrrad oder den öffentlichen Personennahverkehr umzusteigen. Welche Folgen diese Einzelentscheidung hat und wie sich das „handelnde Zusammenwirken“ (Schimank 2010) *vieler Einzelner* auf die Dynamik des gesamten Verkehrssystems auswirkt, kann mit Hilfe derartiger Verfahren jedoch nicht ermittelt werden. Die ABMS kann zudem aufzeigen, wie die Akteure – mit ihren sehr unterschiedlichen Einstellungen – auf externe Anreize reagieren (z. B. den Ausbau des Radwegenetzes) und wie dies sich wiederum auf die Systemdynamik auswirkt. Schließlich ermöglicht sie, Prozesse, die sich in Realsystemen über Jahre bzw. Jahrzehnte erstrecken würden, binnen kurzer Zeiträume zu simulieren.

## Nutzen der ABMS für die TA

Simulationsexperimente werden damit zu einem wertvollen Instrument der Technikfolgenabschätzung und damit auch der Technologie- und Innovationspolitik, da sie die Option bieten, What-if-Szenarien auszuprobieren, also Entwicklungen sozioökonomischer Systeme unter bestimmten, variablen Prämissen zu analysieren. Die ABMS und die TA können so zu Partnern werden und sich gegenseitig ergänzen (Roos 2016). Zum einen können TA-Szenarien mit Hilfe der ABMS formalisiert und damit auf Vollständigkeit und Konsistenz überprüft werden, um implizite Annahmen, Argumentationslücken oder ggf. sogar interne Widersprüche aufzudecken.

Zum anderen können die durch die Simulation erzeugten What-if-Szenarien mit Experteneinschätzungen verglichen werden. Ein Mehrwert entsteht vor allem dann, wenn die Simulation zu überraschenden Ergebnissen führt, die von Experten nicht gesehen oder für unplausibel gehalten wurden. Die Simulation kann damit einen Anstoß geben, etabliertes Wissen oder konsensuale Einschätzungen in Frage zu stellen und den Rahmen dessen, was man zukünftig für möglich hält, zu erweitern.

Die ABMS trägt damit zu einem vertieften Verständnis komplexer Systeme bei. Sie hat zudem das Potenzial, Politiker und Stakeholder mit handlungsrelevantem Wissen zu versorgen, indem sie ihnen ein Instrument an die Hand gibt, um ein Gespür für die Wirkungen unterschiedlicher Interventionen zu entwi-

ckeln. Sie kann Entscheidungsträger dafür sensibilisieren, dass auch für unwahrscheinlich gehaltene Technikfolgen unter bestimmten plausiblen Annahmen eintreten können und daher bedacht werden sollten. So wirkt sie einem Status-quo-Bias entgegen, wonach Entscheidungsträger geneigt sind zu erwarten, dass die Zukunft der Gegenwart ähnlich ist, was in nichtlinearen Systemen aber nicht der Fall sein muss.

## Limitationen

Wie jede Forschungsmethode hat die ABMS Einschränkungen. Was im Einzelnen an der Methode kritisiert und als Schwäche gesehen wird, hängt vom wissenschaftstheoretischen Hintergrund des jeweiligen Kritikers ab.

### Artifizielle Modelle

Forscher, die Theorien und Zukunftsszenarien diskursiv entwickeln und verbal darstellen, halten ABMS-Welten oftmals für artifiziell und übermäßig abstrakt. Aus dieser Perspektive gehen durch die formale Modellierung wichtige Details und Einsichten verloren (McDowall und Geels 2017). Dieser Einwand trifft jedoch jede Art formaler Modellierung und die ABMS sogar eher weniger als mathematisch-analytische Modelle. Im Vergleich zu mathematisch formulierten Gleichgewichtsmodellen in der Volkswirtschaftslehre ist die ABMS weniger abstrakt und realitätsnäher, was wiederum von manchen Ökonomen kritisiert wird (Midgley et al. 2007). Deren Argument lautet, dass die Realitätsnähe eines Modells nie ein Ziel an sich sein sollte. Ein gutes Modell müsse abstrakt und sparsam (*parsimonious*) sein, damit es möglichst allgemein gilt und sich auf die wirklich relevanten Faktoren beschränkt. Nach dieser Auffassung ist die ABMS oft zu komplex und unübersichtlich, so dass der Forscher die abgebildeten Zusammenhänge nicht in derselben Weise verstehen kann wie in einem mathematischen Modell (Lehtinen und Kuorikoski 2007).

Dass die ABMS mit gegensätzlichen Argumenten kritisiert wird, sehen wir als besondere Stärke der Methode: Vielleicht trifft gerade sie das richtige Maß an Detailreichtum und Abstraktheit und kann damit ein Bindeglied zwischen mathematischen und nichtmathematischen Forschungsansätzen sein.

### Validierung

Ein Problem besteht in der Validierung der ABMS. Damit der Computer Ergebnisse berechnen kann, müssen die Modellparameter mit Zahlen versehen und die Anfangswerte der endogenen Variablen so festgelegt werden, dass bei den Simulationsläufen plausible Resultate entstehen. Dies ist nicht immer einfach, denn oft fehlen geeignete Datensätze, so dass die Daten erst aufwendig empirisch erhoben werden müssen. Zudem sind bestimmte Größen – z. B. Parameter in Lern- oder Nutzenfunktionen – nur schwer zu beobachten. Ein Modell kann dann als valide gelten, wenn es in der Lage ist, einen realen Ist-Zustand eines Systems am Computer zu reproduzieren, z. B. durch den

Ablgleich mit historischen Daten zum Energiemix eines Landes (Van Dam et al. 2013, S. 126–130). Nur dann können die Aussagen, die es über ein reales System macht, als glaubwürdig gelten.

Aber trotz der Validierungsproblematik kann die ABMS für die TA sinnvoll und nützlich sein, wenn es um Zukunftsprognosen für komplexe Sozialsystemen geht, die immer mit gewissen Unsicherheiten verbunden sind. Gerade wenn Wissenschaftler nicht den Anspruch erheben, mithilfe einer ABMS *quantifizierbare* Wahrscheinlichkeitsaussagen über zu erwartende Technikfolgen zu machen, sondern lediglich Folgen zu *antizipieren*, die eintreten könnten, leistet die ABMS gute Dienste (Roos 2016). Unbekannte oder schwer zu bestimmende Parameter können zudem in Sensitivitätsanalysen systematisch variiert werden. Auf diese Weise ermittelt die ABMS, wie das System und seine Dynamik auf Änderungen der Parameter reagieren.

## Aktuelle Herausforderungen

Seit der Gründung des Santa Fé Institute im Jahr 1984 wird in den Sozialwissenschaften mit der ABMS gearbeitet. Wie die Beiträge in diesem TATuP-Thema zeigen, hat die ABMS mittlerweile die Nische verlassen und ist zu einem viel diskutierten Bestandteil des Methodenkanons der Sozialwissenschaften geworden.

Eine aktuelle Herausforderung besteht darin, das Stadium der „Insellösungen“ zu überwinden und disziplinäre Standards (in Forschung und Lehre) zu schaffen – auch damit die Modelle vergleichbar und ihre Ergebnisse replizierbar werden. Die Kompatibilität vieler Modelle leidet oftmals daran, dass unterschiedliche Herangehensweisen bei der Modellierung gewählt werden, die ad hoc aus dem jeweiligen Projektkontext generiert werden und teils auch unzureichend begründete Annahmen über das modellierte Verhalten enthalten. Zudem fehlen bislang einführende Lehrbücher und Ausbildungsmaterialien. Und es mangelt an einem Konsens der Community über gute wissenschaftliche Praxis, z. B. hinsichtlich der Dokumentation der Modelle.

Eine große Herausforderung besteht schließlich darin, unterschiedliche *Simulation Frameworks* miteinander zu koppeln; insbesondere in interdisziplinären Projekten mit Ingenieurwissenschaftlern, die ihre eigenen *Frameworks* betreiben, ist es unabdingbar, Schnittstellen für die koordinierte Simulation zu schaffen, z. B. in Form der Co-Simulations-Plattform „mosaik“ (Steinbrink et al. 2017).

## Überblick über die Beiträge

Das vorliegende TATuP-Thema stellt eine Reihe von ABMS-Studien vor, die aus dem Blickwinkel der Sozial-, Politik- und/oder Wirtschaftswissenschaften Beiträge zu Politik- und TA-relevanten Themen leisten. Behandelt werden unter anderem die nachhaltige Transformation des Verkehrssystems (Adelt und Hoffmann), die hier unter der Perspektive der Steuerung bzw. Umsteuerung komplexer soziotechnischer Systeme betrachtet werden. Darunter

fällt auch die Frage, wie politische, wissenschaftliche und zivilgesellschaftliche Stakeholder potenziell konflikthafte Transformationsprozesse durch eine partizipative Governance gestalten können (Scheffran, Link, Shaaban, Süsser und Yang).

Zudem wird die Rolle thematisiert, die Märkte bei Innovationsprozessen spielen, etwa anhand plattformbasierter Märkte, in denen die Interaktionen der Marktteilnehmer durch eine dritte Instanz vermittelt werden (Heinrich und Gräbner). Mithilfe der ABMS kann zudem untersucht werden, wie sich die Marktteilnehmer durch strategisches Handeln wechselseitig beeinflussen und welche Auswirkungen dies auf den Markterfolg von Innovationen hat (Stummer und Günther). Dies gilt insbesondere im Fall von Öko-Innovationen, die sich auf etablierten Märkten nur dann durchzusetzen können, wenn sich die Konsumenten-Präferenzen wandeln (Lewalder). Daneben spielen auch Netzwerke eine wichtige Rolle, weil sie die Wissensdiffusion und Kooperation unterschiedlicher Akteure in regionalen Innovationssystemen fördern können (Müller, Kudic und Pyka).

Ziel dieses TATuP-Themas ist es, die TA-Community stärker mit dem Stand der ABMS in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften vertraut zu machen, Hinweise auf bislang zu wenig genutzte Synergiepotenziale zu geben, aber auch den Austausch innerhalb der ABMS-Community voranzutreiben. Die Breite der Themen und Ansätze der in diesem Heft vorgestellten Arbeiten zeigt, wie flexibel diese erfolgversprechende Forschungsmethode ist.

## Literatur

- Coleman, James S. (1995): Grundlagen der Sozialtheorie. Handlungen und Handlungssysteme. Band 1. München: Oldenbourg.
- Epstein, Joshua M. (2007): Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling. Princeton: Princeton University Press.
- Epstein, Joshua M.; Axtell, Robert (1996): Growing Artificial Societies. Social Science from the Bottom Up. Washington D. C.: Brookings Institution Press.
- Fink, Robin D.; Weyer, Johannes (2011): Autonome Technik als Herausforderung der soziologischen Handlungstheorie. In: Zeitschrift für Soziologie 40 (2), S. 91–111. Online verfügbar unter <http://www.zfs-online.org/index.php/zfs/article/viewFile/3061/2598>, zuletzt geprüft am 27.10.2017.
- Gilbert, Nigel (2008): Agent-Based Models. Los Angeles: Sage.
- Grabietz, Agnes; Trevisan, Bianca; Jakobs, Eva-Maria (2016): Lokale Akzeptanz von Energiemixen. In: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 25 (1), S. 61–66. Online verfügbar unter [http://www.tatup-journal.de/tatup161\\_grua16a.php](http://www.tatup-journal.de/tatup161_grua16a.php), zuletzt geprüft am 17.10.2017.
- Grunwald, Armin (2010): Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung. Berlin: Edition sigma.
- Hedström, Peter; Swedberg, Richard (1996): Social Mechanisms. In: Acta Sociologica 39 (3), S. 281–308.
- Hedström, Peter; Ylikoski, Petri (2010): Causal Mechanisms in the Social Sciences. In: Annual Review of Sociology 36, S. 49–67. DOI: 10.1146/annurev.soc.012809.102632.
- Holtz, Georg; Alkemade, Floortje; de Haan, Fjalar et al. (2015): Prospects of Modelling Societal Transitions: Position Paper of an Emerging Community. In: Environmental Innovation and Societal Transitions 17, S. 41–58. DOI: 10.1016/j.eist.2015.05.006.
- Jensen, Thorben; Holtz, Georg; Baedeker, Carolin; Chappin, Émile J. L. (2016): Energy-Efficiency Impacts of an Air-Quality Feedback Device in Residential Buildings: An Agent-Based Modeling Assessment. In: Energy and Buildings 116, S. 151–163. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.11.067.
- Lehtinen, Aki; Jaakko Kuorikoski (2007): Computing the Perfect Model: Why Do Economists Shun Simulation? In: Philosophy of Science 74 (3), S. 304–329. DOI: 10.1086/522359.
- Lösch, Andreas (2017): Technikfolgenabschätzung soziotechnischer Zukünfte. Ein Vorschlag zur wissenschaftspolitischen Verortung des Vision Assessments. In: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 26 (1–2), S. 60–65. DOI: 10.14512/tatup.26.1-2.60.
- Luhmann, Niklas (1997): Die Gesellschaft der Gesellschaft. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- McDowall, Will; Geels, Frank W. (2017): Ten Challenges for Computer Models in Transitions Research: Commentary on Holtz et al. In: Environmental Innovation and Societal Transitions 22, S. 41–49. DOI: 10.1016/j.eist.2016.07.001.
- Midgley, David; Marks, Robert; Kunchamwar, Dinesh (2007): Building and Assurance of Agent-Based Models: An Example and Challenge to the Field. In: Journal of Business Research 60, S. 884–893.
- Resnick, Michael (1995): Turtles, Termites, and Traffic Jams. Explorations in Massively Parallel Microworlds (Complex Adaptive Systems). Cambridge, MA: MIT Press.
- Roos, Michael (2016): Modeling Radical Uncertainty and Anticipating Uncertain Change with Models. In: Forum for Social Economics, online veröffentlicht am 08.09.2016. DOI: 10.1080/07360932.2016.1229631.
- Schimank, Uwe (2010): Handeln und Strukturen. Einführung in eine akteurtheoretische Soziologie (4. Auflage). München: Juventa.
- Steinbrink, Cornelius et al. (2017): Smart Grid Co-Simulation with MOSAIK and HLA: A Comparison Study. In: Computer Science – Research and Development, S. 1–9. DOI: 10.1007/s00450-017-0379-y.
- Van Dam, Koen H.; Nikolic, Igor; Lukszo, Zofia (Hg.) (2013): Agent-Based Modelling of Socio-Technical Systems. Dordrecht: Springer.
- Wilensky, Uri (1997): NetLogo: Traffic Basic Model. Evanston: Northwestern University. Online verfügbar unter <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/TrafficBasic>, zuletzt geprüft am 27.10.2017.



### PROF. DR. JOHANNES WEYER

ist seit 2002 Professor für Technikoziologie an der TU Dortmund mit Schwerpunkten in den Bereichen Steuerung komplexer Systeme, Mensch-Maschine-Interaktion, Netzwerkanalyse sowie ABMS.



### PROF. DR. MICHAEL ROOS

ist seit 2009 Inhaber des Lehrstuhls für Makroökonomik an der Ruhr-Universität Bochum und arbeitet vor allem in den Bereichen Komplexitätsökonomik, ABMS, Nachhaltigkeit und ökonomische Methodologie.

# Szenario-Analyse trifft agentenbasierte Marktsimulation

Entscheidungsunterstützung bei der strategischen Technologieplanung

Christian Stummer, Universität Bielefeld, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld  
(christian.stummer@uni-bielefeld.de),  orcid.org/0000-0001-5495-5740

Markus Günther, Universität Bielefeld, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften (markus.guenther@uni-bielefeld.de),  orcid.org/0000-0003-1853-3123

Während eine Szenario-Analyse die Vorausschau auf alternative Zukünfte erlaubt, bietet eine agentenbasierte Marktsimulation Einblick in das komplexe Verhalten von Märkten. Eine Kombination dieser beiden Methoden kann die Entscheidungsgrundlage für die strategische Technologieplanung verbessern. Dazu werden die Auswirkungen von unterschiedlichen Technologieportfolios auf den Erfolg in zukünftigen Märkten simuliert, wobei die Marktcharakteristika aus den Szenario-Beschreibungen abgeleitet werden und sich die Produkteigenschaften durch die Technologien aus den untersuchten Portfolios ergeben. Zugleich lässt sich auch die Effektivität diverser Strategien zur Markteinführung der neuen Produkte testen. Dieser Beitrag beschreibt einen solchen hybriden Ansatz zur Entscheidungsunterstützung bei der strategischen Technologieplanung und illustriert seine Anwendbarkeit bzw. den praktischen Nutzen anhand eines Beispiels.

## Scenario Analysis Meets Agent-Based Market Simulation Decision Support for Strategic Technology Planning

*While scenario analysis allows forecasts of alternative futures, agent-based market simulation provides an insight into the complex behavior of markets. Combining these two methods bears the potential to strengthen the basis for decision making in strategic technology planning. This is achieved by simulating the impact of various technology portfolios on success in future markets, for which market characteristics are derived from the scenarios descriptions and the product attributes are determined through the technologies available in the portfolio under investigation. Moreover, it is also possible to test the effectiveness of different strategies for introducing the new products into the market. This paper describes such a multi-method decision support approach for strategic technology planning and illustrates its applicability as well as its practical value with an example.*

**KEYWORDS:** technology planning, agent-based market simulation, scenario analysis

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CCBY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
<https://doi.org/10.14512/tatup.26.3.17>  
Submitted: 06. 07. 2017. Peer reviewed. Accepted: 15. 09. 2017

## Szenario-Analyse in der Technologieplanung

Eine Szenario-Analyse schafft „Bilder der Zukunft“, die einem Unternehmen dabei helfen können, sich auf Eventualitäten vorzubereiten (Amer et al. 2013). Sie hat sich vor allem auch in der strategischen Technologieplanung etabliert (Rigby und Bilodeau 2007). Dabei erhebt die Szenario-Analyse nicht den Anspruch, die Zukunft vorherzusagen (Schoemaker 1991), kann aber wertvolle Unterstützung beim Überwinden von Denkgrenzen bieten (Amer et al. 2013). Einen Überblick zur Entwicklung und zu Anwendungsfeldern der Szenario-Analyse geben Van Notten et al. (2003) und Bradfield et al. (2005).

Szenarien können in vielfältiger Weise ausgestaltet sein und dementsprechend auch für unterschiedliche Abstraktionsebenen – beispielsweise als Markt-, Unternehmensumfeld- oder als unternehmensspezifische Szenarien – erstellt werden. In dieser Arbeit folgen wir dem Ansatz von Gausemeier et al. (1998), dessen Nutzen für die strategische Technologieplanung mehrfach in der betrieblichen Praxis demonstriert wurde. Der letzte Prozessschritt in diesem Vorgehensmodell sieht eine Gegenüberstellung der entwickelten Szenarien mit den zur Auswahl stehenden Handlungsoptionen vor. Letztere können zu „Maßnahmenportfolios“ zusammengefasst werden und enthalten beispielsweise Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (um etwa die benötigten Technologien zu entwickeln und damit die Funktionalität der Produkte entsprechend zu erweitern), Marketingstrategien (etwa bezüglich der Preissetzung) oder neue Geschäftsmodelle. Die Entscheidungsträger sollen damit bei der Identifikation jenes Maßnahmenportfolios unterstützt werden, das eingedenk der möglichen alternativen „Zukünfte“ am geeignetsten ist.

Gausemeier et al. (2014) nutzen hierfür eine Matrix, wobei jedes Szenario eine eigene Spalte und jedes Maßnahmenportfolio eine eigene Zeile zugewiesen bekommt. Die Matrixeinträge reichen von Doppel-Plus für „sehr hohe Konsistenz“ bis Doppel-Minus für „sehr hohe Inkonsistenz“ und spiegeln holistisch die (vermutete) Eignung eines Maßnahmenportfolios für

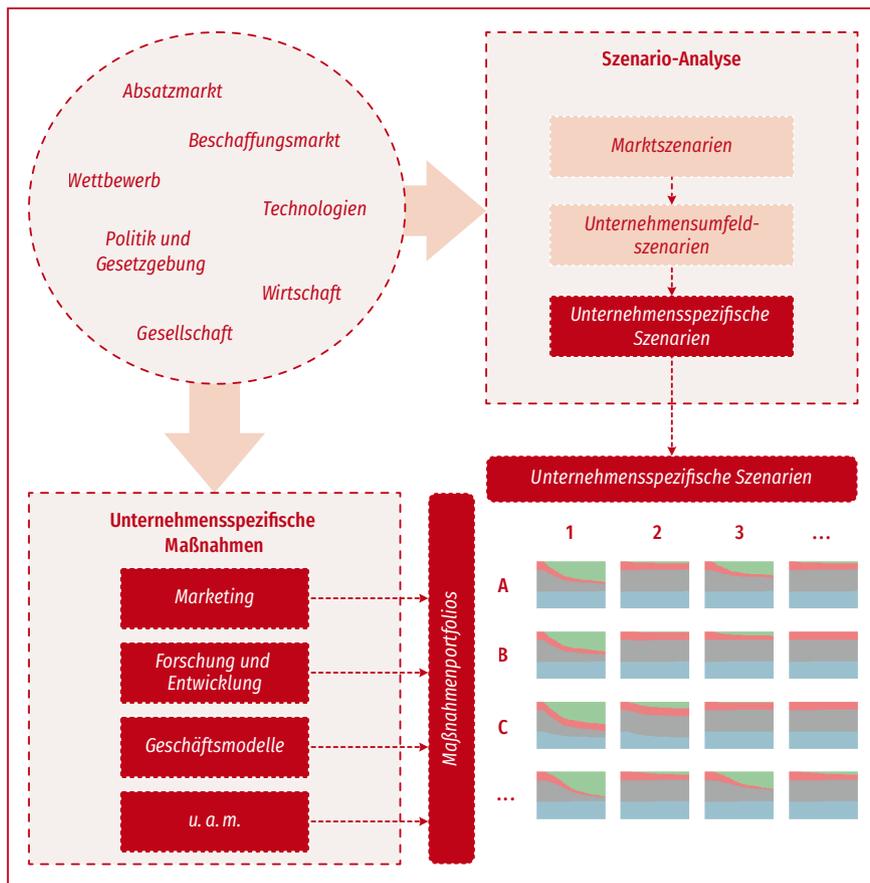


Abb. 1: Planungsunterstützung durch Kombination aus Szenario-Analyse und Marktsimulation.

Quelle: Eigene Darstellung

ein Szenario wider. Dieser Prozessschritt ist Ausgangspunkt für den, im weiteren Verlauf dieses Aufsatzes eingeführten, hybriden (Multimethoden-)Ansatz.

## Erweiterung um eine Marktsimulation

Unsere Erweiterung der Szenario-Analyse sieht vor, die derzeitige Praxis der auf recht groben bzw. individuellen Einschätzungen beruhenden Bewertung der Passung zwischen den Szenarien und den Maßnahmenportfolios durch die deutlich reichhaltigeren Ergebnisse einer Marktsimulation zu ersetzen. Die Simulation erlaubt dabei die unmittelbare Berücksichtigung konkreter Markteigenschaften (aus denen sich unterschiedliche Markterschließungsmaßnahmen ergeben können), sie ermöglicht eine Betrachtung der Marktdurchsetzung neuer Produkte (mit Produkteigenschaften, die auf Technologien aus dem festzulegenden Technologieportfolio basieren) und sie eröffnet vielfältige Analysemöglichkeiten. Abbildung 1 illustriert das Gesamtkonzept. Der besondere Mehrwert der Erweiterung um eine Marktsimulation liegt somit darin, dass die Entscheidungsträger für

jede Kombination aus Szenario und Maßnahmenportfolio fundierte Informationen über die voraussichtliche Marktentwicklung im Zeitablauf (in diesem Beispiel die Entwicklung der Marktanteile) erhalten; vgl. den rechten unteren Quadranten in Abbildung 1.

Dazu werden reale Prozesse, Ereignisse und (Wirkungs-)Systeme in einer Modellwelt nachgebildet, sodass auf diesen virtuellen Märkten Simulationsexperimente (z. B. zur Umsetzung einzelner Maßnahmenportfolios) durchgeführt werden können (Harrison et al. 2007). Angesichts der Komplexität bzw. der Neuheit der Märkte sind weder analytische noch empirische Ansätze als Alternative zur vorgeschlagenen Computer-Simulation anwendbar. Ob jedoch ein System-Dynamics-Ansatz oder eine agentenbasierte Simulation geeigneter erscheint – eine Gegenüberstellung der beiden Ansätze bieten etwa Borschhev und Filippov (2004) –, wurde anhand der Richtlinien von Rand und Rust (2011) evaluiert. Demnach eignet sich eine agentenbasierte Simulation, wenn (i) eine mittlere Anzahl von Akteuren als Agenten (z. B. Konsumenten) abgebildet werden soll, (ii) lokale Interaktionen (z. B. die Informationsweitergabe durch Mundpropaganda) eine Rolle spielen, (iii) die Agenten heterogene Eigen-

schaften (z. B. bezüglich ihrer Präferenzen) haben, (iv) sich aus der Modellumwelt, in der sich die Agenten bewegen, Implikationen auf das Verhalten ergeben (z. B. räumliche Distanzen), (v) der Zeitablauf von Relevanz ist und (v) sich (manche) Agenten im Simulationsablauf adaptiv (etwa als Reaktion auf Veränderungen in ihrem Umfeld) verhalten.

Alle diese Voraussetzungen sind in unserer Anwendung gegeben, weshalb wir die Szenario-Analyse mit einer agentenbasierten Marktsimulation erweitert haben.

Während agentenbasierte Simulationen zur Untersuchung von Diffusionsverläufen in der Literatur mittlerweile recht populär geworden sind (eine Übersicht bieten u. a. Kiesling et al. 2012 oder Wakolbinger et al. 2013), haben sie sich in der Praxis erst in geringem Maße durchgesetzt. Erklärbar ist das teils durch die Herausforderungen, die sich durch die passende Parametrisierung von agentenbasierten Simulationen für reale Märkte ergibt (ein Anwendungsbeispiel, in dem dies gelungen ist, wird von Stummer et al. 2015a beschrieben). Der in diesem Beitrag vorgestellte hybride Ansatz trägt zu diesem Forschungsfeld bei, indem die Kombination mit einer Szenario-Analyse zum Zwecke der strategischen Technologieplanung vorgeschlagen wird.

## Elemente der agentenbasierten Marktsimulation

In einer solchen agentenbasierten Simulation werden die relevanten Akteure durch Agenten repräsentiert. Dies können in dem von uns betrachteten Kontext Personen (z. B. Konsumenten), Unternehmen (z. B. Produzenten oder Intermediäre bzw. Händler), der Staat, Medien und andere mehr sein. Jeder Agent (und damit insbesondere auch jeder einzelne Konsumenten-Agent) kann individuelle Eigenschaften (z. B. eigene Präferenzen für bestimmte Produkteigenschaften) aufweisen, lokale (private) Informationen (z. B. Einschätzungen über die Ausprägung bestimmter Eigenschaften eines bestimmten Produkts) besitzen und bei Bedarf (z. B. weil das eigene Produkt im Laufe der Simulation gerade defekt geworden ist) selbstständig Entscheidungen treffen bzw. Handlungen setzen (also zum Beispiel ein Ersatzprodukt kaufen). Darüber hinaus können Agenten mit anderen Agenten in Interaktion treten und zwar sowohl mit Agenten desselben Typs (wenn sich beispielsweise zwei Konsumenten-Agenten über ihre Erfahrungen mit einem Produkt austauschen) als auch mit Agenten eines anderen Typs (z. B. ein Konsumenten-Agenten mit einem Händler-Agenten beim Produktkauf).

Die berücksichtigten Typen von Agenten, deren Anzahl, ihre individuellen Eigenschaften und anderes mehr werden durch die Charakteristika des Marktes bzw. die zu untersuchende Fragestellung bestimmt. Dementsprechend gibt es auch nicht das eine (einzige) Modell, das auf jede Anwendung passen würde. Im Folgenden wird beispielhaft ein Marktmodell beschrieben und in Abbildung 2 schematisch dargestellt, das zuvor bereits in ähnlicher Weise im Rahmen des Spitzenclusterprojekts „it's owl“ (Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe) eingesetzt worden ist (dieses Vorgängermodell wird von Stummer et al. 2015 b und Günther et al. 2017 beschrieben) und je nach Anwendungsfall angepasst bzw. erweitert werden kann.

Unternehmen bringen neue Produkte auf den Markt, die sich bezüglich ihrer Eigenschaften (z. B. ihrer Funktionalität oder im Preis) von den bisher verfügbaren Angeboten unterscheiden. Die Produkteigenschaften werden wiederum durch die in den Unternehmen vorhandenen Technologien determiniert. Aus Sicht der Unternehmen sind sie damit (auch) Resultat früherer Technologieplanungen, während die Konsumenten im Kaufprozess natürlich vor allem die Produkteigenschaften (z. B. Funktionalität oder Qualität und natürlich den Preis) wahrnehmen und die dabei eingesetzten Technologien per se in der Regel keine entscheidende Rolle spielen.

Konsumenten-Agenten kommt in diesem Marktmodell eine

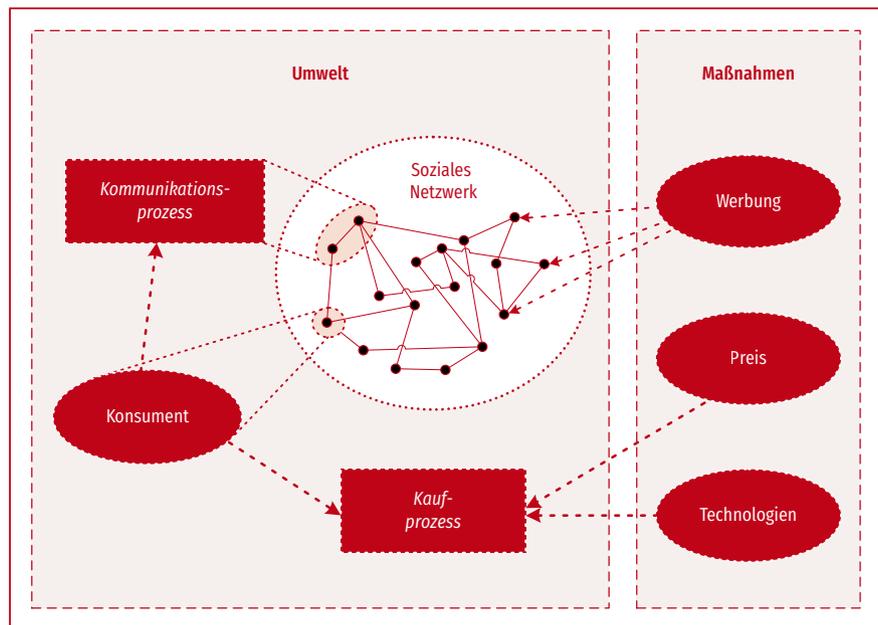


Abb.2: Elemente des agentenbasierten Marktmodells.

Quelle: Eigene Darstellung

entsprechend zentrale Rolle zu. Sie haben neben einer geografischen Position insbesondere Präferenzen für Produkteigenschaften sowie eine (wenn auch nicht unbedingt korrekte) Einschätzung, wie gut die zur Wahl stehenden Produktalternativen in Bezug auf diese Eigenschaften bzw. Kriterien abschneiden. Während sie die Eigenschaften jener Produkte gut kennen, die sie besitzen oder besessen haben und mit denen sie daher bereits eigene Erfahrungen gemacht haben, basiert ihre Einschätzung der anderen Produkte entweder auf Gesprächen mit anderen Konsumenten-Agenten und/oder auf Informationen aus der Werbung. Wenn neue Produkte mit zusätzlichen Produkteigenschaften in den Markt eingeführt werden, muss den Konsumenten das Vorhandensein dieser Eigenschaften daher erst bewusst gemacht werden, um bei der Auswahlentscheidung berücksichtigt werden zu können.

Mundpropaganda erfolgt in diesem Modell ausschließlich bidirektional zwischen Konsumenten-Agenten, die in einem sozialen Netzwerk direkt miteinander verbunden sind. Dazu haben wir ein skalenfreies Netzwerk nach Barabási und Albert (1999) implementiert und es analog zum Ansatz von Stummer et al. (2015 a) um eine geografische Komponente erweitert, sodass die Wahrscheinlichkeit einer Verbindung zwischen zwei Konsumenten – wie etwa von Latané et al. (1995) beschrieben – mit ihrer geografischen Nähe steigt (eine Diskussion der Vor- und Nachteile von Netzwerktypen findet sich bei Kiesling et al. 2012). Neben der Positionierung im sozialen Netzwerk hat jeder Konsumenten-Agent auch ein individuelles Kommunikationsverhalten, das die Kommunikationshäufigkeit oder die Bewertung der erhaltenen Informationen in Abhängigkeit vom jeweiligen Gesprächspartner bestimmt.

Wenn der Kauf eines neuen Produkts ansteht, erkundigen sich die Konsumenten-Agenten allenfalls nochmals intensiver in ihrem sozialen Umfeld über die Vor- und Nachteile der dort bekannten Produkte und entscheiden sich dann für einen Vertriebskanal bzw. eine Verkaufsstelle, wobei auch das Vorgehen bei dieser Auswahl – unter Berücksichtigung der geografischen Nähe und/oder bisheriger Erfahrungen und Empfehlungen aus dem eigenen Bekanntenkreis – recht komplex sein kann. Verkaufsstellen haben dazu einen geografischen oder kundengruppenspezifischen Einzugsbereich. Für jedes der zur Wahl stehenden Produkte wird der potenzielle Nutzen anhand einer Nutzenfunktion berechnet, in die neben den eigenen Einschätzungen bezüglich der (bekannten) Produkteigenschaften sowie den je-

Technologien entscheiden, die bestimmte Eigenschaften bzw. Funktionen eines solchen Kühlschranks möglich machen. Diese Entscheidung hängt nicht zuletzt davon ab, ob ein hinreichend großer Markt vorhanden ist, um die Entwicklung (oder Beschaffung) der nötigen Technologien zu rechtfertigen.

Wir betrachten in unserem vereinfachten Anwendungsbeispiel im Folgenden lediglich die zwei in ihrer Ausprägung extremen unternehmensspezifischen Szenarien. Im ersten Szenario stehen die Konsumenten des modellierten Zielmarktes solch einem intelligenten Produkt offen gegenüber, während ihm im zweiten Szenario viele Konsumenten skeptisch bis ablehnend begegnen (etwa auf Grund von Datenschutzbedenken oder Angst vor Kontrollverlust).

## *Dieser hybride Ansatz eignet sich vor allem für die Technologiefolgenabschätzung aus Unternehmenssicht.*

weiligen Präferenzen auch der soziale (Gruppen-)Druck einfließen kann. Das Produkt mit dem höchsten subjektiven Nutzen wird schließlich gekauft; mit etwas zeitlicher Verzögerung macht der Konsumenten-Agent dann eigene Erfahrungen mit dem Produkt und passt seine Einschätzung an diese Erfahrungen an. Die dem Kaufentscheidungsprozess zugrundeliegende Nutzenfunktion ist im einfachsten Fall additiv-linear, kann aber auch jede andere praktikable Form annehmen (z. B. die Entscheidungskriterien multiplikativ verknüpfen).

Werbung zielt auf die Beeinflussung des Informationsstands der Konsumenten-Agenten ab bzw. macht auf ein neues Produkt bzw. neue Produkteigenschaften aufmerksam. Für die Massenerwerbung, die gegebenenfalls auf eine bestimmte geografische Region oder eine Zielgruppe fokussiert, wird in unserem Modell ein zufällig ausgewählter Teil der adressierten Konsumenten-Agenten mit den Werbe-Informationen konfrontiert. Prozedural entspricht dies einem unidirektionalen Informationsfluss, in dem nur der Werbe-Agent den Konsumenten-Agenten beeinflusst. Des Weiteren können Preise bzw. allenfalls auch adaptive Preisstrategien festgelegt werden.

### Anwendungsbeispiel

Das Anwendungsbeispiel ist aus dem Kontext des Spitzenclusterprojekts „it's owl“ entlehnt, jedoch bezüglich der Parametrisierung maßgeblich verändert. Unterstützt werden soll darin ein Unternehmen, das die Entwicklung bzw. Übernahme neuer Technologien plant, um damit die eigene Angebotspalette um ein vernetztes, intelligentes Produkt (ein Gebrauchsgut im mittleren bis gehobenen Preissegment) zu erweitern. Beispielsweise könnte dies ein „intelligenter Kühlschrank“ sein.<sup>1</sup> Das Unternehmen muss dabei im Zuge der strategischen Technologieplanung unter anderem über die Entwicklung (oder ggf. den Zukauf) von

Angeboten werden Produkte für die Segmente „Discount“, „Standard“ und „Premium“. Die Produkte unterscheiden sich dabei in Bezug auf die Attribute Preis, Funktionalität und Qualität, wobei die Ausprägung der Eigenschaften von Discount zu Premium zunehmen (d. h. Produkte aus dem Discount-Segment haben einen niedrigeren Preis, bieten aber auch geringere Funktionalität und Qualität als Produkte aus dem Standard-Segment, usw.).

Die Konsumenten aus dem Anwendungsbeispiel lassen sich grob in vier Gruppen einteilen. Preisbewusste Konsumenten achten bei ihrer Kaufentscheidung vor allem auf den Preis. Technikaffine Käufer sind dagegen besonders an (neuen) Produkten mit großem Funktionsumfang interessiert. Premium-Käufer werden wiederum vor allem von prestigeträchtigen und meist qualitativ hochwertigen Produkten angesprochen; der Preis spielt für sie eine untergeordnete Rolle bzw. zeigt sich sogar ein leichter Veblen-Effekt (d. h. die Nachfrage erhöht sich mit steigendem Preis). Die meisten Konsumenten zählen schließlich zur „breiten Masse“, die – wenn auch mit unterschiedlichen Gewichtigungen – einen ausgewogenen Mix an Produkteigenschaften sucht.

Getestet werden im Folgenden vier Maßnahmenportfolios. In jedem davon wird nach einem Jahr – zusätzlich zu den bestehenden herkömmlichen Produkten – ein intelligentes („smarter“) Produkt zu einem etwas höheren Preis auf den Markt gebracht.

1 Eine ausführliche Diskussion von Produktintelligenz bzw. den dabei zu unterscheidenden Intelligenzdimensionen würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Im Weiteren wird für die Zwecke dieses Beispiels unter einem intelligenten Produkt ein Produkt verstanden, in dem Intelligenz generierende Technologien eingesetzt werden, um zusätzliche Funktionen zur Verfügung zu stellen. Im Beispiel mit dem intelligenten Kühlschrank wären das etwa eine Sensorik zur Erfassung des Inhalts, die natürlich-sprachliche Kommunikation mit den Nutzern der Küche, die Kapazität für die Verarbeitung der erhaltenen Informationen sowie die Anbindung an einen Bestell- und Lieferservice für Lebensmittel.

Das neue intelligente Produkt basiert entweder auf dem Standard- oder auf dem Premium-Produkt. Des Weiteren werden in den Maßnahmenportfolios zwei verschiedenen Marketingstrategien ausprobiert. Die erste, aufwändigere, geht von einem Vorfeldmarketing aus, das kurz vor der Produkteinführung gestartet wird und sich über die Markteinführungsphase hinweg erstreckt. Danach wird für das neue Produkt jeden Monat eine Werbekampagne durchgeführt. In der zweiten, weniger aufwändigen, Marketingstrategie erfolgt nur ersteres; Werbung gibt es somit nur zur Markteinführungsunterstützung. Die Bezeichnung der Maßnahmenportfolios in Abbildung 3 verweist auf die darin enthaltenen Maßnahmen. Portfolios, deren Namen mit ‚P‘ beginnen, führen ein (neues) intelligentes Produkt mit der Qualität und der Basis-Funktionalität der Premium-Linie ein, ‚S‘ steht für das intelligente Produkt der Standard-Linie. Wenn dann sowohl Vorfeldmarketing als auch laufendes Marketing betrieben wird, enthält der Name des Maßnahmenportfolios ein ‚++‘, wenn nur Vorfeldmarketing betrieben wird, ein ‚+‘.

In Abbildung 3 werden die Marktanteile der verschiedenen Produkte in den einzelnen Kombinationen von Maßnahmenportfolios und Szenarien über einen Zeithorizont von elf Jahren zusammengefasst. Implementiert wurde die Simulation mit dem Simulationstool AnyLogic 7.0.3.

In den Ergebnissen fällt die geringe Verbreitung der intelligenten Produkte im schwierigen Unternehmensumfeld von Szenario 2 auf. Selbst das intelligente Premium-Produkt verbreitet sich nur sehr verhalten, wobei vermehrtes Marketing immerhin zu einem etwas höheren Markterfolg führt. Das entsprechende Produkt der Standard-Linie setzt sich dagegen überhaupt nicht durch.

Deutlich erfolgreicher sind intelligente Produkte im Szenario 1, wenngleich sich auch hier zeigt, dass dafür intensive Marketingbemühungen nötig sind. Wenn das Portfolio insgesamt stimmig gewählt ist (wie in Maßnahmenportfolio P++), dann kann trotz des höchsten Preises eine kritische Masse unter den Konsumenten erreicht werden, sodass letztlich – wegen der Netzwerkeffekte am Markt – zusätzlich zu den meisten Premium-Käufern auch viele vormalige Standard-Käufer gewonnen werden. Das Maßnahmenportfolio S++ führt demgegenüber dazu, dass Premium-Käufer zum Standard-Produkt wechseln. Da im Premium-Kundensegment aber besonders hohe Deckungsbeiträge – gemessen als Differenz zwischen Erlös und den variablen Kosten – erzielt werden, ist dies eigentlich unerwünscht.

In diesem Anwendungsbeispiel ist es somit empfehlenswert, Intelligenz generierende Technologien (zunächst) für das Premium-Segment vorzusehen und die intelligenten Produkte mit Werbeaktivitäten nicht nur während der Markteinführung, sondern auch danach noch über einen längeren Zeitraum zu unterstützen. Der entscheidende Informationsgewinn aus dieser Marktsimulation ist aber nicht nur die naheliegende Erkenntnis, dass sich ein solcher Effekt einstellen kann, sondern insbesondere wie groß dieser Effekt für bestimmte alternative Marketingmaßnahmen ausfällt. Dies ließe sich nun durch weitere Simulationen für andere, an Portfolio P++ angelehnte Maßnahmenportfolios untersuchen bzw. tiefergehend analysieren.

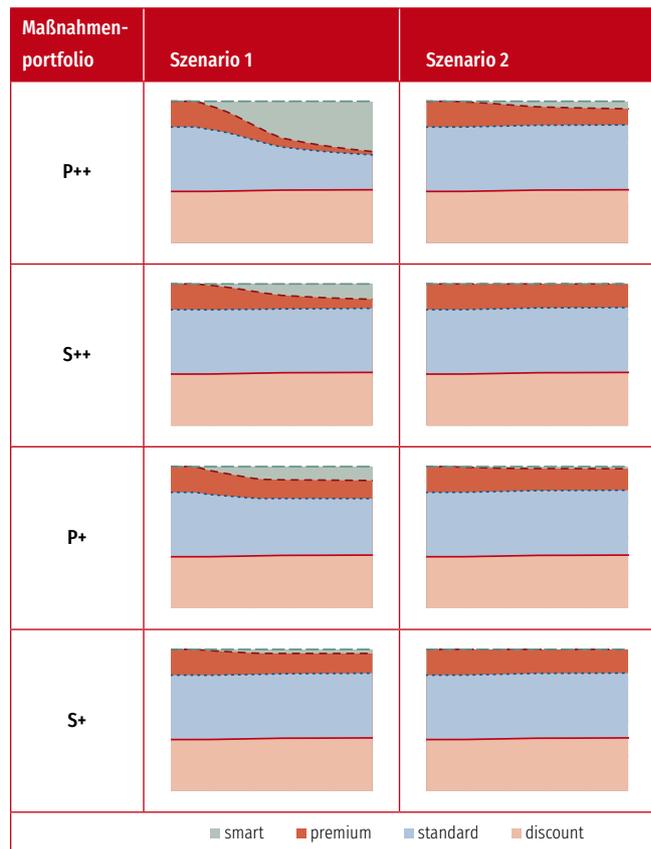


Abb. 3: Marktanteilsverläufe für Produkte aus Anwendungsbeispiel. Quelle: Eigene Darstellung

### Fazit

Die in diesem Beitrag vorgestellte Kombination einer klassischen Szenario-Analyse zur Beschreibung der Charakteristika zukünftiger Märkte mit einer darauf aufsetzenden agentenbasierten Marktsimulation bietet eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die strategische Technologieplanung. Dieser hybride Ansatz eignet sich dabei vor allem für die Technologiefolgenabschätzung aus Unternehmenssicht. Manager bekommen damit einerseits ein Instrument an die Hand, das es erlaubt, Strategien zur „Eroberung“ bestehender oder neuer Märkte vorab zu evaluieren und diese Informationen in die Auswahl eines Technologieportfolios einfließen zu lassen. Durch die Simulation für mehrere Szenarien mit unterschiedlichen Marktentwicklungen bekommen Manager andererseits aber auch die Chance, auf die Robustheit ihrer Entscheidungen in alternativen Zukünften zu achten bzw. werden sie dafür sensibilisiert. Darüber hinaus wird die Markteinführung neuer Produkte nicht isoliert, sondern eingebettet in ein komplexes (Markt-)System mit Mitbewerbern und gegebenenfalls auch Intermediären bzw. Vertriebspartnern untersucht, was die Analyse der Auswirkungen der eigenen Technologieentscheidungen bzw. der sich daraus ergebenden zukünftigen Marktangebote auf die anderen Marktteilneh-

mer bzw. die Marktentwicklung erlaubt. Schließlich hat der hier vorgestellte Ansatz Potenzial für die Untersuchung einer Reihe weiterer, insbesondere betriebswirtschaftlicher Fragestellungen, wie zum Beispiel in Bezug auf allenfalls notwendig werdende Änderungen in der Lieferkette oder den Vertriebskanälen, die Nützlichkeit von strategischen Allianzen etc.

Der Einsatz einer agentenbasierten Marktsimulation bringt andererseits auch Herausforderungen mit sich. Die größte davon ist sicherlich die passende Parametrisierung der Simulation für den jeweiligen Anwendungsfall. Empfehlenswert ist zudem eine Sensitivitätsanalyse der zentralen Parameter. Sollte sich zeigen, dass die Simulationsergebnisse nicht hinreichend robust sind, so ist ganz besonderes Augenmerk auf die dafür verantwortlichen, kritischen Parameter zu legen und die Anwender sind über die damit verbundene Ungewissheit zu informieren.

## Literatur

- Amer, Muhammad; Daim, Tugrul U.; Jetter, Antonie (2013): A Review of Scenario Planning. In: *Futures* 46, S. 23–40. DOI: 10.1016/j.futures.2012.10.003.
- Barabási, Albert-László; Albert, Réka (1999): Emergence of Scaling in Random Networks. In: *Science* 286 (5439), S. 509–512. DOI: 10.1126/science.286.5439.509.
- Borshchev, Andrei; Filippov, Alexei (2004): From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. In: Michael Kennedy, Graham W. Winch, Robin S. Langer, Jennifer I. Rowe und Joan M. Yanni (Hg.): *Proceedings of the 22nd International Conference of the System Dynamics Society*. Oxford, UK: System Dynamics Society, 23 S.
- Bradfield, Ron; Wright, George; Burt, George; Cairns, George; Van Der Heijden, Keese (2005): The Origins and Evolution of Scenario Techniques in Long Range Business Planning. In: *Futures* 37 (8), S. 795–812. DOI: 10.1016/j.futures.2005.01.003.
- Gausemeier, Jürgen; Fink, Alexander; Schlake, Oliver (1998): Scenario Management: An Approach to Develop Future Potentials. In: *Technological Forecasting & Social Change* 59 (2), S. 111–130. DOI: 10.1016/S0040-1625(97)00166-2.
- Gausemeier, Jürgen; Amshoff, Benjamin; Dülme, Christian; Kage, Martin (2014): Strategische Planung von Marktleistungen im Kontext Industrie 4.0. In: Jürgen Gausemeier (Hg.): *Vorausschau und Technologieplanung*. Tagungsband vom 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT). Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, S. 5–36.
- Günther, Markus; Lüpke, Lars; Stummer, Christian (2017): Cross-over between Scenario Analysis and Agent-Based Market Simulation for Technology Planning. In: *Proceedings of PICMET '17: Technology Management for Inter-connected World*. Portland: International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), S. 1–9.
- Harrison, J. Richard; Zhiang, Lin; Carroll, Glenn R.; Carley, Kathleen M. (2007): Simulation Modelling in Organizational and Management Research. In: *Academy of Management Review* 32 (4), S. 1229–1245. DOI: 10.5465/AMR.2007.26586096.
- Kiesling, Elmar; Günther, Markus; Stummer, Christian; Wakolbinger, Lea M. (2012): Agent-Based Simulation of Innovation Diffusion: A Review. In: *Central European Journal of Operations Research* 20 (2), S. 183–230. DOI: 10.1007/s10100-011-0210-y.
- Latané, Bibb; Liu, James H.; Nowak, Andrzej; Bonevento, Michael; Zheng, Long (1995): Distance Matters: Physical Space and Social Impact. In: *Personality and Social Psychology Bulletin* 21 (8), S. 795–805. DOI: 10.1177/0146167295218002.
- Rand, William; Rust, Roland T. (2011): Agent-Based Modeling in Marketing: Guidelines for Rigor. In: *International Journal of Research in Marketing* 28 (3), S. 181–193. DOI: 10.1016/j.ijresmar.2011.04.002.
- Rigby, Darrell; Bilodeau, Barbara (2007): A Growing Focus on Preparedness. In: *Harvard Business Review* 85 (7–8), S. 21–22.
- Schoemaker, Paul J. H. (1991): When and How to Use Scenario Planning: A Heuristic Approach. In: *Journal of Forecasting* 10 (6), S. 549–564. DOI: 10.1002/for.3980100602.
- Stummer, Christian; Kiesling, Elmar; Günther, Markus; Vetschera, Rudolf (2015 a): Innovation Diffusion of Repeat Purchase Products in a Competitive Market: An Agent-Based Simulation Approach. In: *European Journal of Operational Research* 245 (1), S. 157–167. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.03.008.
- Stummer, Christian; Lüpke, Lars; Günther, Markus (2015 b): Intelligente Produkte, Zukunftsszenarien und Agenten. Eine Marktsimulation zur Entscheidungsunterstützung bei der strategischen Technologieplanung. In: Jürgen Gausemeier (Hg.): *Vorausschau und Technologieplanung*, Tagungsband vom 11. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT). Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, S. 449–470.
- Van Notten, Philip W. F.; Rotmans, Jan; Van Asselt, Marjolein B. A.; Rothman, Dale S. (2003): An Updated Scenario Typology. In: *Futures* 35 (5), S. 423–443. DOI: 10.1016/S0016-3287(02)00090-3.
- Wakolbinger, Lea M.; Stummer, Christian; Günther, Markus (2013): Market Introduction and Diffusion of New Products: Recent Developments in Agent-Based Modeling. In: *International Journal of Innovation and Technology Management* 10 (5), 1340015 (19 S.). DOI: 10.1142/S0219877013400154.

## Forschungsdaten

Die Forschungsdaten wurden im Rahmen einer Kooperation von einem Unternehmen zur Verfügung gestellt. Die Parameter für das Anwendungsbeispiel in dieser Arbeit sind an diese Daten angelehnt, wurden aber maßgeblich verändert.



### PROF. DR. CHRISTIAN STUMMER

beschäftigt sich u. a. mit Fragen der Markteinführung bzw. -durchsetzung von Innovationen. Er arbeitet mit analytischen Methoden und setzt dabei häufig auch agentenbasierte Marktsimulationen ein. Derzeit interessieren ihn vor allem ökonomische Implikationen durch die zunehmende Vernetzung und Intelligenz von Produkten.



### J.-PROF. DR. MARKUS GÜNTHER

hat aktuell die Vertretung der Professur für Innovations- und Technologiemanagement an der Universität Bielefeld inne und beschäftigt sich u. a. mit der Diffusion von Innovationen und Technologien insbesondere mittels agentenbasierter Simulation.

# Von Onlineplattformen und mittelalterlichen Märkten

Gleichgewichtsmodelle und agentenbasierte Modellierung  
zweiseitiger Märkte

Claudius Gräbner, Institut für die Gesamtanalyse der Wirtschaft (ICAE), Johannes Kepler Universität Linz,  
Altenbergerstraße 52, 4040 Linz (claudius.graebner@jku.at),  [orcid.org/0000-0003-4065-4722](https://orcid.org/0000-0003-4065-4722)

Torsten Heinrich, Institute for New Economic Thinking (INET) at the Oxford Martin School, University of Oxford  
(torsten.heinrich@maths.ox.ac.uk),  [orcid.org/0000-0001-8873-0806](https://orcid.org/0000-0001-8873-0806)

23

Mit der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung ökonomischer Systeme haben plattformbasierte Interaktionsbeziehungen stark an Bedeutung gewonnen. Hier werden zwei oder mehr Nutzungsgruppen durch eine dritte Seite, die Plattform, zusammengebracht. Die Interaktion wird in solchen zweiseitigen Märkten von den Plattformbetreibern kontrolliert. Kreditkartensysteme, Softwaremärkte oder werbefinanzierte Online-Communities stellen typische Beispiele dar. Da die Analyse von zweiseitigen Märkten mit Gleichgewichtsmodellen aufgrund der algebraischen Struktur des Problems in der Regel nicht praktikabel ist, präsentieren wir im vorliegenden Beitrag ein agentenbasiertes Modell, welches in einem kürzlich erschienenen Artikel ausführlicher diskutiert wird. Anhand von illustrativen Beispielen verdeutlichen wir die Implikationen eines agentenbasierten Ansatzes für die Innovationsökonomik im Allgemeinen und das Studium von Technologieentwicklung im Besonderen.

## *Of Online Platforms and Medieval Markets*

*Equilibrium Models and Agent-Based Modeling of Two-Sided Markets*

*Platform-based interactions are much more important in today's increasingly digitalized and interconnected economic systems than they used to be in traditional ones. These interactions refer to markets where two or more user groups interact with the help of a third party, the platform. In such two-sided markets, the interaction is controlled by the platform provider. Common examples include credit card systems, software markets, and advertisement-financed online communities. As the analysis of two-sided markets largely defies modeling with equilibrium models due to the algebraic structure of the problem, the present contribution proposes an agent-based model as an alternative. It refers to a recently published article that discusses the agent-based model in*

*more detail. Several examples illustrate the implications of the agent-based modeling approach for innovation economics and the study of technological development in particular.*

**KEYWORDS:** *two-sided markets, network externalities, agent-based computational economics, heuristic decision making, reinforcement learning*

## Einleitung

Das Thema dieses Beitrags sind zweiseitige Märkte. Wir sprechen von einem zweiseitigen Markt, wenn Anbieter<sup>1</sup> und potenzielle Kunden eines Produkts oder einer Dienstleistung nur über eine dritte Partei, Netzwerkbetreiber, Transaktionen miteinander durchführen können. Dies unterscheidet sie von herkömmlichen Märkten, in denen Käufer und Verkäufer direkt miteinander interagieren können.

Beispiele für zweiseitige Märkte sind Börsen und Märkte für Kreditkarten, Videospiele oder PCs. Die Netzwerkbetreiber spielen immer die gleiche Rolle, treten jedoch in unterschiedlicher Form auf: Im Falle von PCs sind die Anbieter Hersteller von Gebrauchsssoftware, die Kunden Nachfrager dieser Software und der Netzwerkbetreiber der Anbieter eines Betriebssystems, auf dem die Gebrauchsssoftware installiert werden kann. Eine Transaktion macht für die Anbieter und Nachfrager der Gebrauchsssoftware nur Sinn, wenn beide über ein entsprechendes Betriebssystem verfügen: Die Anbieter müssen ggf. eine Lizenz erwerben und die Kunden müssen das Betriebssystem auf ihren PCs installieren. Auch wenn der Handel nicht direkt über den PC abgewickelt wird, stellt das Betriebssystem hier die „Platt-

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CCBY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
<https://doi.org/10.14512/tatup.26.3.23>  
Submitted: 05.07.2017. Peer reviewed. Accepted: 27.09.2017

<sup>1</sup> Im Falle abstrakter Entitäten, die etwa Käuferseite und Verkäuferseite im Modell bezeichnen, verzichten wir auf gegenderte Formen.

form“ dar, die beide Seiten des Marktes miteinander verbindet. Die Begriffe der Plattform und des Netzwerkbetreibers sind also breit zu verstehen: Es handelt sich nicht zwangsläufig um eine Handelsplattform, sondern um ein Produkt, das Anbieter und Nachfrager miteinander verbindet. In manchen Fällen, wie Börsenplattformen (z. B. Xetra), ist die Rolle der Netzwerkbetreiber aber tatsächlich die einer Handelsplattform.

Die Funktion zweiseitiger Märkte unterscheidet sich von der Funktion herkömmlicher Märkte. Ein Grund sind positive Feedbackschleifen: Ein Netzwerkbetreiber wird für Anbieter und Nachfrager attraktiver, je mehr Kunden des anderen Typs den Service des Netzwerkbetreibers in Anspruch nehmen. Je mehr Käufer bei einem Netzwerk registriert sind, desto größer ist der potenzielle Absatzmarkt für Verkäufer, und je mehr Verkäufer bei einem Netzwerk registriert sind, desto größer ist das Angebot für die Käufer. Diese Effekte werden Netzwerkeffekte genannt und können dafür sorgen, dass der Markt sich nicht zu einem stabilen Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage entwickelt, sondern von dauerhaften Dynamiken gekennzeichnet wird. Dies stellt eine Herausforderung für die in der Ökonomik weit verbreiteten Gleichgewichtsmodelle dar. Ökonom\*innen sprechen von einem Marktgleichgewicht, wenn das Angebot für ein Gut der Nachfrage entspricht, sodass Angebotsmenge und Preis stabil bleiben. Diese Modelle sind nur dann anwendbar, wenn das Marktumfeld und die Entscheidungsprobleme der beteiligten Akteure derartig formalisiert werden können, dass ein solches Gleichgewicht existiert – und im besten Falle auch stabil ist. Dies ist bei zweiseitigen Märkten aufgrund des selbstreferenziellen Entscheidungsproblems von Kunden und Anbietern nicht

sierten Modellen empfehlen wir den Beitrag von Hoffmann und Roos (2012).

Um die Vorzüge eines agentenbasierten Ansatzes zu illustrieren, gehen wir folgendermaßen vor: Im nächsten Abschnitt werden wir anhand von Beispielen die empirische Relevanz zweiseitiger Märkte verdeutlichen. Anschließend werden wir herkömmliche Ansätze zur Untersuchung zweiseitiger Märkte und ihre Probleme beschreiben. Im vierten Abschnitt führen wir ein agentenbasiertes Modell von zweiseitigen Märkten ein, dessen Ergebnisse wir im fünften Abschnitt diskutieren. Der sechste Abschnitt fasst die zentralen Ergebnisse zusammen.

## Empirische Relevanz

Plattformen in zweiseitigen Märkten müssen Unsicherheiten in wirtschaftlichen Austauschbeziehungen reduzieren. Wir wollen dazu das Beispiel von Onlinemarktplätzen betrachten: Für Onlinehändler ist es wichtig, eine breite Kundenbasis zu erreichen und ihre Sichtbarkeit im Internet sicherzustellen. Auf der anderen Seite wollen die Kunden zwielichtige Anbieter vermeiden. Sie bevorzugen daher ebenfalls weitläufig genutzte Plattformen. Die Plattform als dritter Akteur hat einen Anreiz, gegen Betrug, asymmetrische Information und Marktmacht vorzugehen, um ihre eigene Marktmacht auszubauen und auszunutzen. Die bekanntesten Beispiele für zweiseitigen Onlinemarktplätze sind eBay, Uber, Amazon, Alibaba oder Airbnb (z. B. Eisenmann et al. 2011). Verlässliche Daten über die Größe dieser Onlinemarktplätze sind nicht offen verfügbar. Für Ebay, Amazon, und

## *Plattformen in zweiseitigen Märkten müssen Unsicherheiten in wirtschaftlichen Austauschbeziehungen reduzieren.*

notwendigerweise der Fall. Zudem ist der Strategieraum für die Netzwerkbetreiber enorm groß: Sie können Transaktionspreise und Zugangspreise für Anbieter und Kunden jeweils getrennt voneinander setzen. Preise können dabei auch negativ sein, d. h. Netzwerkbetreiber können die Anbieterseite von der Kundenseite subventionieren lassen oder umgekehrt. In der Konsequenz ist es nicht mehr möglich, das Preissetzungsproblem des Netzwerkbetreibers in ein einfaches Optimierungsproblem zu überführen und ein eindeutiges Gleichgewicht sicherzustellen.

Hier stellen wir eine alternative Methode zur Analyse zweiseitiger Märkten vor: agentenbasierte Modelle (ABM). In ABM werden die beteiligten Akteure als digitale Agenten programmiert und ihre Interaktion ohne eine *a priori* Gleichgewichtsannahme simuliert. Dies erlaubt den Forscher\*innen die Verwendung realistischerer Annahmen. Solche Modelle sind gut geeignet, die essenziellen Eigenschaften zweiseitiger Märkte abzubilden und die Funktion dieser Systeme besser zu verstehen. Für eine allgemeinverständliche Einführung zu agentenba-

Alibaba liegen Schätzungen von Statista (statista.com) und DMR (expandedramblings.com) jeweils zwischen 100 und 600 Millionen Nutzer, für Uber etwas darunter. Ihrer sozialen und ökonomischen Relevanz tut dies jedoch keinen Abbruch. Der Mechanismus spielt auch in unregulierten Teilen des Netzes eine wichtige Rolle, beispielsweise im Fall von Silk Road, Alphasay und ähnlichen Plattformen. Silk Road und Alphasay waren anonyme Onlinemarktplätze, in denen v. a. illegale Waren gehandelt wurden. Die Größenordnung wurde durch das FBI mit über 200.000 Nutzern angegeben. Zentral für den Erfolg der Plattformen ist es, eine große Kundenbasis (auf beiden Seiten) aufzubauen, auch wenn hierfür zunächst Verluste hinzunehmen sind.

Die Rolle einer zentralisierten und technologisch gestützten Plattform ist erst mit dem Aufstieg der Informations- und Kommunikationstechnologie entstanden. Netzwerkbetreiber haben nun nicht nur alle Möglichkeiten der Preissetzung, sie kontrollieren auch die technischen Eigenschaften der Plattform und damit den Informationsfluss und die Restunsicherheit der An-

bieter und Kunden. Sie wären in der Lage, die Plattform vorübergehend außer Betrieb zu nehmen und die Kompatibilität zu Konkurrenzplattformen zu vereinfachen oder zu erschweren.

Zweiseitige Märkte sind nur bedingt ein neues Phänomen. Da traditionelle ökonomische Handelsnetzwerke ebenfalls von Unsicherheit betroffen waren, besteht die Rolle der Plattform schon seit langer Zeit. Im spätmittelalterlichen und frühneuzeitlichen Mitteleuropa wurde sie – ganz bildlich – von Märkten in Städten wahrgenommen. Reisende Handelsleute kauften lokal produzierte Waren auf und importierten im Gegenzug andere Waren; sie mussten hierzu mit lokalen Anbieter\*innen und Abnehmer\*innen in Kontakt treten. Der Handel war hochgradig organisiert; ortsfremden Handelsleuten standen lokale Broker zur Verfügung, welche die Verbindung zu lokalen Produzenten oder Abnehmern herstellten. Das Geschäft der Broker war dabei durch die Städte strikt reguliert. Die Städte waren sehr darauf bedacht, den Handel, je nach Warengruppe, anbieter- oder abnehmerfreundlich zu organisieren. Die historische Entwicklung der Plattformen als Marktinstrument wird u. a. durch Börner und Quint (2010) aufgearbeitet.

## Bestehende Theorien zweiseitiger Märkte

Viele Modelle zweiseitiger Märkte sind spieltheoretischer Natur. Nachdem für Anbieter und Käufer eine Präferenzstruktur spezifiziert wurde, welche die Herleitung eines Gleichgewichts erlaubt, wird eine optimale Preispolitik der Plattform berechnet. Hierzu sind sehr stilisierte Annahmen notwendig, da die Anzahl der Anbieter mit Plattformzugang über die Netzwerkexternalität in die Nutzenfunktion der Nachfrageseite eingeht und umgekehrt. Eines der einflussreichsten Gleichgewichtsmodelle (Rochet und Tirole 2006) ist beispielhaft in Heinrich und Gräbner (2017) diskutiert.

Die Annahmen von Gleichgewichtsmodellen sind nicht nur für sich genommen unrealistisch, sie erlauben es auch nicht, die direkte Interdependenz von Anbietern und Nachfragern und die daraus resultierenden Netzwerkeffekte im Modell zu berücksichtigen. Zudem ist es oft notwendig anzunehmen, dass die Plattformbetreiber die Nachfragefunktion der Kunden kennen.

Neben Gleichgewichtsmodellen wurden eine Reihe empirischer Fallstudien (Börner und Quint 2010; Eisenmann et al. 2011) publiziert, die theoretisch jedoch oft in der Logik der Gleichgewichtsmodelle verankert sind. Sie tendieren dazu, den Akteuren Optimierungsentscheidungen und bewusste, perfekt informierte Manipulation von Gleichgewichten zu unterstellen. Es gibt vereinzelt evolutorische und agentenbasierte Modellierungsansätze (Peitz et al. 2011; Meyer 2012), die aber dennoch in Optimierungsframeworks arbeiten, und Modelle so strukturieren, dass die Optimierungsprobleme zumindest rechnerisch lösbar sind. Wir verwenden im Folgenden heuristische Entscheidungsmechanismen, deren Lösbarkeit weniger an bestimmte Modellstrukturen gebunden ist.

## Eine agentenbasierte Perspektive auf zweiseitige Märkte

ABM erlauben es uns, die nicht-linearen Feedbackschleifen und Netzwerkeffekte, die charakteristisch für zweiseitige Märkte sind, direkt im Modell abzubilden. Zudem verzichten sie in der Regel auf eine *a priori* Gleichgewichtsannahme. Sie werden numerisch simuliert und können die Nicht-Gleichgewichtsdynamiken des Systems und seine Pfadabhängigkeit direkt abbilden. Dabei werden Nichtkonvergenz und Pfadabhängigkeit durch das weite Auseinandergehen der 10% und 90% Quantile in Abbildung 1 deutlich. Zwar werden auch herkömmliche Gleichgewichtsmodelle häufig numerisch gelöst, allerdings verfolgt die Simulation dann das Ziel, einen Gleichgewichtszustand zu identifizieren, aber nicht tatsächliche Prozesse zu imitieren, wie dies bei agentenbasierten Simulationen der Fall ist. Den interessierten Leser verweisen wir auf den wissenschaftsphilosophischen Beitrag von Lehtinen und Kuorikoski (2007), der diese Unterscheidung ausführlich diskutiert.

Im Folgenden werden wir unser ABM einführen und diskutieren. Die Ergebnisse, die später diskutiert werden, basieren auf der statistischen Analyse von 200 Simulationen. Der konkrete Ablauf einer Simulation ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Im Modell gibt es drei Typen von Agenten: Anbieter, Kunden und Netzwerkbetreiber. Die Anbieter bieten ein Produkt an, das von den Kunden nachgefragt wird. Eine Geschäftsbeziehung zwischen Kunde und Anbieter kann nur zustande kommen, wenn beide zum Zeitpunkt des Geschäftsabschlusses beim gleichen Netzwerkanbieter registriert sind. Der Netzwerkanbie-

Zeitpunkt	Vorgehen
1	Agenten werden erstellt.
2	Die Kunden und Anbieter werden alle zufällig einem Netzwerkbetreiber zugeordnet.
3	Die Simulation läuft für 500 Zeitschritte. Jeder Zeitschritt besteht aus 6 Abschnitten.
3.1	Die Transaktionen werden durchgeführt.
3.2	Anbieter/Kunden zahlen Gebühren an Netzwerkbetreiber.
3.3	Die Netzwerkbetreiber zahlen Fixkosten und Nutzerkosten.
3.4	Die Daten für den Zeitschritt werden gesammelt.
3.5	Die Anbieter/Kunden entscheiden, einem neuen Netzwerk beizutreten und ein bestehendes zu verlassen. Die Netzwerkeffekte werden entsprechend aktualisiert. Sie treten einem zufälligen neuen Netzwerk bei, wenn sie nach Abzug aller Kosten noch mehr Geld als die Registrierungsgrenze zur Verfügung haben.
3.6	Die Netzwerkbetreiber updaten ihre Strategie und setzen Preise gemäß ihrer aktuellen Strategie.

**Tab. 1:** Ablauf einer Simulation. Für eine detailliertere Beschreibung siehe Heinrich und Gräbner (2017).  
Quelle: Eigene Darstellung

ter bietet den Kunden und Anbietern sein Netzwerk gegen ein Entgelt zur Nutzung an.

Das Verhalten des Netzwerkbetreibers ist entscheidend für die Dynamiken auf zweiseitigen Märkten und steht im Fokus des Modells. Entsprechend werden die Anbieter und Kunden möglichst simpel modelliert: Zu Beginn der Simulation startet jeder Anbieter und jeder Kunde mit einem Vermögen von 0. Durch jede erfolgreiche Transaktion erfahren jeder Anbieter und jeder Kunde einen Nutzen. Dieser potenzielle Transaktionsnutzen  $b^i$  wird für jede Transaktion zufällig aus einer Gleichverteilung neu bestimmt.

In jedem Zeitschritt eines Simulationsdurchlaufes kann es zu einer parametrisch bestimmten Maximalzahl an Transaktionen kommen. Für eine Transaktion werden ein Kunde und ein Anbieter zufällig ausgewählt. Die Transaktion wird durchgeführt, wenn beide bei dem gleichen Netzwerkbetreiber registriert sind und beiden nach Abzug aller Kosten ein positiver Nutzen der Transaktion bleibt. Jeder Kunde und Anbieter hat einmal pro Zeitschritt die Möglichkeit, seine Registrierung bei einem Netzwerkanbieter zu kündigen bzw. sich bei einem neuen Netzwerkanbieter zu registrieren. Die Agenten werden eine Registrierung kündigen, falls die Kosten der Registrierung in der letzten Periode den Nutzen überstiegen haben. Für die Anbieter/Kunden ist es attraktiver, in ein Netzwerk einzutreten, in dem viele Agenten der anderen Kategorie bereits Mitglied sind, da dies die Wahrscheinlichkeit für eine positive Transaktion erhöht. Dies führt zu den für zweiseitige Märkte charakteristischen Netzwerkeffekten.

Der Netzwerkbetreiber muss über die Höhe der Gebühren entscheiden, die er (i) für die Mitgliedschaft in seinem Netzwerk von Anbietern und Kunden erhebt und (ii) von Anbietern und Kunden pro Transaktion erhebt. Da sich die Preise für Anbieter und Kunden unterscheiden können, muss er vier Preise setzen.

In unserem Modell, das in Heinrich und Gräbner (2017) ausführlich und quantitativ analysiert wird, können wir die Effekte verschiedener Preissetzungsstrategien studieren. Es ist auch möglich, rationale Optimierung mit perfekter Information, wie sie in den herkömmlichen Modellen zweiseitiger Märkte verwendet wird, zu implementieren. Ein solches Design verlangt jedoch sehr unrealistische Annahmen, z. B. dass der Netzwerkanbieter die Nachfragekurven der Anbieter und Kunden kennt. Selbst unter diesen Bedingungen ist es ihm jedoch nicht immer möglich, erfolgreich Preise zu setzen (Heinrich und Gräbner 2017). Hier konzentrieren wir uns daher auf folgende Fälle:

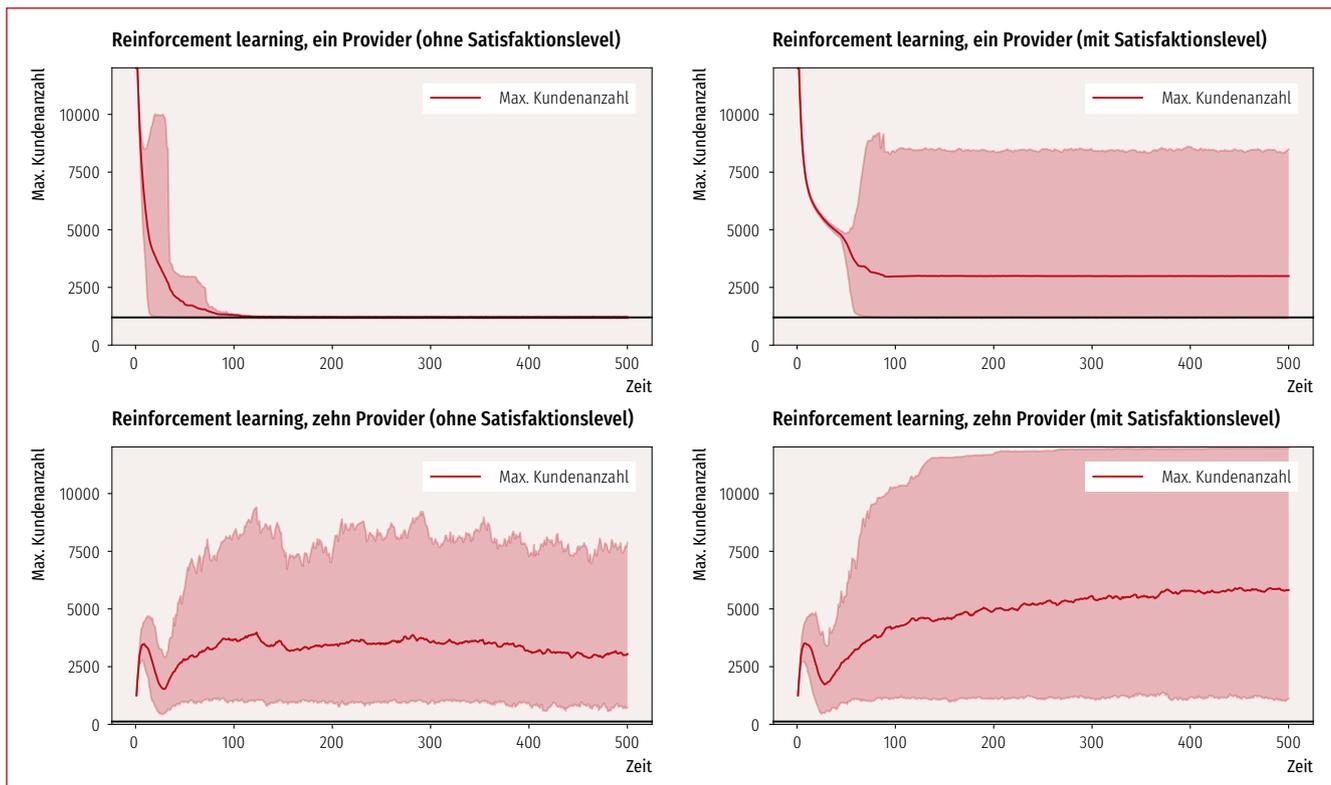
1. Ein oder mehrere Netzwerkanbieter setzen die Preise auf Basis ihrer Erfahrungen in der Vergangenheit.
2. Ein oder mehrere Netzwerkanbieter setzen die Preise wie in (1.), sie verändern die Preise aber nicht mehr, sobald sie ein angemessenes Gewinnniveau erreicht haben.

Den in beiden Fällen verwendeten Entscheidungsmechanismus der Provider heißt *reinforcement learning*: Jeden der vier Preise kann ein Netzwerkbetreiber erhöhen, senken oder unverändert lassen. Wenn er durch eine Strategie seinen Gewinn steigern konnte, wird er diese Strategie in Zukunft häufiger verwenden. Wenn sein Gewinn dagegen verringert wurde, wird er die entsprechende Strategie in Zukunft seltener verwenden. Diese sehr einfache Heuristik spiegelt gut das Prinzip von *trial and error* wider. Zahlreiche Untersuchungen haben die Verwendung und den Erfolg solcher simpler Heuristiken gezeigt (Bingham und Eisenhardt 2011). Die recht einfache Reinforcement-learning-Heuristik scheint uns für eine realistische Abbildung von Preissetzungsstrategien zu simpel, sie ist aber ein guter Ausgangspunkt für unsere Analyse und immer noch deutlich realistischer als die Annahme eines rationalen Netzwerkbetreibers, der in der Praxis oft zu gar keiner Entscheidung kommen kann.

Parameter der Simulation	Beschreibung	Parametrisierung
Anzahl der Kunden	-	10.000
Anzahl der Anbieter	-	2.000
Anzahl der Netzwerkbetreiber	-	1 oder 10
Fixkosten für Netzwerkbetrieb	-	10.000
Fixkosten pro Netzwerkkunde	Die Kosten, die dem Netzwerkbetreiber für jeden registrierten Kunden/Anbieter entstehen	50
Variable Kosten für Transaktionen	Die Kosten, die dem Netzwerkbetreiber für jede durchgeführte Transaktion entstehen	25
Zeitschritte	-	500
Mögliche Transaktionen pro Zeitschritt	-	30.000
Registrierungsgrenze	Wenn der Gewinn von Kunden/Anbietern unter dieser Grenze liegt, registrieren sie sich auf keinen Fall bei einem weiteren Netzwerk	400
Wertebereich für Registrierungspreise	-	(-3.000, 5.000)
Wertebereich für Transaktionspreise	-	(-1.000, 1.000)

Tab.2: Die Parameter unseres agentenbasierten Simulationsmodells und die verwendete Parametrisierung.

Quelle: Eigene Darstellung



**Abb. 1:** Ergebnisse der Simulation für vier verschiedene Settings: jeweils ein oder zehn Netzwerkanbieter mit oder ohne Satisfaktionslevel. Die rote Linie gibt den Mittelwert von 200 Simulationsdurchläufen an, die 90 % Quantile sind farblich markiert.

Quelle: Heinrich und Gräbner (2017, S. 15)

Die Parameter unseres Modells sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Für eine Sensitivitätsanalyse siehe Heinrich und Gräbner (2017). Wir werden nun untersuchen, inwiefern die Netzwerkanbieter mit simplen Heuristiken in der Lage sind, ein für sie lukratives Netzwerk aufzubauen, und welche Implikationen dies für die Effizienz des Gesamtsystems hat.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Simulationen zeigen, dass unsere Modellökonomie nicht zu einem eindeutigen Gleichgewicht konvergiert, sondern eine pfadabhängige Entwicklung vollzieht. Die Konkurrenz zwischen verschiedenen Netzwerkanbietern ist eine wichtige Voraussetzung für die Stabilität und Funktion zweiseitiger Märkte. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, brechen die Netzwerke eines einzelnen nicht satisfizierenden Netzwerkanbieters relativ zügig zusammen.<sup>2</sup> Dass die Zahl der registrierten Nutzer nicht unter 10 % der Gesamtzahl fällt, ist ein Artefakt unseres Simulationsdesigns, das für das grundsätzliche Verständnis jedoch zweitrangig ist. Ein einzelner satisfizierender Netzwerkanbieter schafft

<sup>2</sup> Dass die Zahl der registrierten Nutzer nicht unter 10 % der Gesamtzahl fällt, ist ein Artefakt unseres Simulationsdesigns. Siehe Heinrich und Gräbner (2017) für Details, die für das grundsätzliche Verständnis jedoch zweitrangig sind.

es häufiger, ein funktionierendes Netzwerk aufzubauen, jedoch sind die Ergebnisse schlechter als für den Fall mit zehn Netzwerkanbietern.

Der Grund liegt in dem Selektionsmechanismus, der durch die Existenz verschiedener Netzwerkanbieter ausgelöst wird: Anbieter und Kunden werden regelmäßig zu den Netzwerkanbietern mit der für sie kosteneffizientesten Preisgestaltung wechseln. Netzwerkanbieter mit unattraktiven Preisangeboten werden aus dem Markt gedrängt. Dies funktioniert nur, wenn genügend Netzwerkanbieter am Markt sind. Erstaunlicherweise ist das Ergebnis eines Wettbewerbs jedoch nicht nur für die Anbieter und Kunden von Vorteil, sondern auch für die Provider selbst: Ohne die Konkurrenz anderer verrennen sie sich in nachteiligen Preissetzungsstrukturen, und das gesamte System bricht oft zusammen. Im Konkreten ist die Heuristik nicht in der Lage, den Zusammenbruch aufzuhalten, sobald die ersten Nutzer das Netzwerk verlassen und damit den Netzwerknutzen für andere reduzieren. In realen zweiseitigen Märkten existiert dieser Effekt in der Regel nicht, da dort kein vollständig konnektives Nutzernetzwerk (jeder Verkäufer mit jedem Käufer verbunden) zugrunde liegt. Lokale Einbrüche haben nicht notwendigerweise direkte Auswirkungen auf andere Teile, dies gibt der Plattform Korrekturspielraum. Unhaltbare Preissetzungsstrukturen, die das Wachstum des Netzwerkes lokal stören, sind in realen Systemen mit Netzwerkexternalitäten dennoch zu erwarten und auch zu beobachten.



**Abb.2:** Die Zutritts- und Transaktionspreise, die im Falle von 10 Netzwerkanbietern vom erfolgreichsten Netzwerkbetreiber gesetzt werden. Während die kleinere Gruppe geringere Registrierungsgebühren zahlen muss, sind ihre Transaktionspreise höher als die der größeren Gruppe. *Quelle: Eigene Darstellung*

Die Darstellungen in Abbildung 1 führen direkt zum zweiten Ergebnis unserer Simulation: Satisfizierende Netzwerkbetreiber sind erfolgreicher als nicht-satisfizierende. Der Versuch ständigen Optimierens dagegen führt oft zu überzogenen Preisforderungen oder zu günstigen Preisen.

Interessanterweise entwickeln die Netzwerkbetreiber jedoch selbst mit einer simplen *reinforcement learning* Heuristik ausgeklügelte Preismechanismen. Wie in Abbildung 2 zu sehen, verlangen die Netzwerkanbieter von der zahlenmäßig größeren Gruppe (in unserem Falle die Kunden) deutlich höhere Zugangspreise. Mit diesen höheren Zugangspreisen können die niedrigen Zugangspreise für die kleinere Gruppe finanziert werden. Letztere ist für den Betreiber wichtig, damit genügend Transaktionen stattfinden können und der Anreiz für die größere Gruppe steigt, Mitglied im Netzwerk zu werden. Auf der anderen Seite ist es sinnvoll, die zahlenmäßig kleinere Gruppe mit höheren Transaktionspreisen zu belegen, da hier die erwartete Anzahl von Transaktionen höher liegt.

Herkömmliche Gleichgewichtsmodelle lassen eine solche Differenzierung der Preise in der Regel nicht zu. Es sind jedoch genau diese Dynamiken, die aktuell im US-amerikanischen Kreditkartenmarkt zu beobachten sind: Während Anbieter teils hohe Gebühren für den Service zahlen müssen, werden die Kunden durch attraktive Prämien zum Erwerb einer Kreditkarte animiert.

## Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben argumentiert, dass zweiseitige Märkte ein essenzieller Bestandteil moderner Volkswirtschaften sind. Zudem haben wir ein einfaches agentenbasiertes Modell (Heinrich und Gräbner 2017) eingeführt und dessen Ergebnisse diskutiert. In Fallbeispielen lässt sich eine Vielfalt verschiedener Ausformungen zweiseitiger Märkte identifizieren. Entscheidend ist, dass in der Regel nur die (zumindest temporär) erfolgreichen Fälle untersucht werden können, da für andere keine oder nur wenige Daten verfügbar sind. Während die beobachtete Vielfalt auf pfadabhängige Prozesse hindeutet, wie sie auch im ABM beobachtet wurden, legen die vorliegenden Beispiele nahe, dass der strategische Fokus der Plattform eher auf Stabilität und Vergrößerung der Nutzerbasis als auf Ausbeutung des bestehenden Netzwerkes liegt.

Im Modell erreichen erfolgreiche Netzwerkbetreiber – verglichen mit anderen Marktformen – eine große polit-ökonomische Machtposition. Auf Produkte kann man verzichten, nicht-vernetzte Anwendungssoftware kann man aufgeben, Elektrizität kann man von einem anderen Lieferanten beziehen. Aber der Wechsel der Plattform (etwa Facebook, Microsoft Windows/Office oder in einem Online-Marketingzusammenhang Google) kann unmittelbare Folgen für die Handelsbeziehungen oder das soziale Umfeld haben. Die Daten, die der Plattform vorliegen,

geben darüber hinaus ein Bild der sozialen und ökonomischen Mikrostruktur der Gesellschaft. Wohin führt uns diese einseitige Machtposition? Man denke an die Berichte über die Bedeutung geschickter Datenanalyse und politischer Fake-News-Portale für den Ausgang demokratischer Wahlen. Auch wenn diesbezügliche Berichte zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch übertrieben erscheinen, sind technologie- und wirtschaftspolitische Erwägungen zur Zukunft der Lenkung, Förderung, und Regulierung zweiseitiger Märkte dringend geboten.

Denkbare Politikmaßnahmen sind beispielsweise die Unterstützung entstehender Systeme zur Förderung von Entwicklung und Vielfalt, gesetzliche Vorschriften zur Garantie von Kompatibilität, sowie gesetzliche Beschränkungen von Preiserhöhungen, insbesondere bei monopolähnlichen Marktsituationen. Möglich, aber kostenintensiv, wäre auch die staatliche Bereitstellung der Infrastruktur. In diesem Fall wäre der Netzwerkbetreiber ein öffentliches Unternehmen. Ein Beispiel hierfür wäre der Aufbau des Internets durch das *US Department of Defense*, auch wenn das Internet nicht als die zweiseitige Plattform vorgesehen war, die es heute ist (mit Website- und Serverbetreiber\*innen auf der einen und Websitebesucher\*innen auf der anderen Seite). Erweiterungen unseres Modells können dazu beitragen, Kosten und den zu erwartenden Erfolg dieser und anderer Politikmaßnahmen zu eruieren.

## Literatur

- Bingham, Christopher; Eisenhardt, Kathleen (2011): Rational Heuristics: The „Simple Rules“ that Strategists Learn from Process Experience. In: *Strategic Management Journal* 32 (13), S. 1437–1464.
- Boerner, Lars; Quint, Daniel (2010): Medieval Matching Markets. In: *School of Business & Economics. Discussion Paper*. Berlin: Freie Universität Berlin. DOI: 10.2139/ssrn.1727700.
- Eisenmann, Thomas; Parker, Geoffrey; van Alstyne, Marshall (2011): Platform Envelopment. In: *Strategic Management Journal* 32 (12), S. 1270–1285.

- Heinrich, Torsten; Gräbner, Claudius (2017): Beyond Equilibrium: Revisiting Two-Sided Markets from an Agent-Based Modelling Perspective. In: *International Journal of Computational Economics and Econometrics*. Im Druck.
- Hoffmann, Birte; Roos, Michael (2012): Agentenbasierte Modelle in der Makroökonomik. Potenziale und Probleme. In: Martin Held, Gisela Kubon-Gilke und Richard Sturn (Hg.): *Jahrbuch Normative und Institutionelle Grundfragen der Ökonomik*. Marburg: Metropolis, S. 213–233.
- Lehtinen, Aki; Kuorikoski, Jaako (2007): Computing the Perfect Model: Why Do Economists Shun Simulation? In: *Philosophy of Science* 74 (3), S. 304–329.
- Meyer, Tobias Georg (2012): *Path Dependence in Two-Sided Markets*. Promotionschrift. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Peitz, Martin; Rady, Sven; Trepper, Piers (2011): *Experimentation in Two-Sided Markets*. In: CEPR Discussion Paper DP8670. London: Centre for Economic Policy Research.
- Rochet, Jean-Charles; Tirole, Jean (2006): *Two-Sided Markets: A Progress Report*. In: *The RAND Journal of Economics* 37 (3), S. 645–667.



### DR. TORSTEN HEINRICH

arbeitet und lehrt in den Bereichen Komplexitätsökonomik, evolutionäre Ökonomik, agentenbasierte Modellierung und Spieltheorie. Inhaltlich arbeitet er zu Industriestruktur und zu technologischen Aspekten ökonomischer Entwicklung, etwa Innovationssystemen und Open Source Software.



### DR. CLAUDIUS GRÄBNER

forscht methodisch im Bereich der Komplexitätsökonomik und agentenbasierter Modellierung und untersucht weiterhin die Struktur internationaler Handelsnetzwerke, die sozioökonomischen Effekte volkswirtschaftlicher Offenheit und die innovationsökonomischen Grundlagen wirtschaftlicher Entwicklung.

# Nachhaltigkeit

# A-Z



## K wie Klimakennzahlen

Der Jurist und Klimaexperte Stephan Buhofer erläutert die wichtigsten Kennzahlen zum Klimawandel, er analysiert die Hintergründe und bietet Einblicke in Klimawissenschaft und Klimadiplomatie. Sein Werk bietet damit eine fakten- und zahlenstarke Grundlage für die eigene Meinungsbildung über die größte Herausforderung unserer Zeit, den Klimawandel.

S. Buhofer  
**Der Klimawandel und die internationale Klimapolitik in Zahlen**  
 Eine Übersicht  
 148 Seiten, broschiert, 24,95 Euro, ISBN 978-3-96006-001-7

Erhältlich im Buchhandel oder versandkostenfrei innerhalb Deutschlands bestellbar unter [www.oekom.de](http://www.oekom.de)

Die guten Seiten der Zukunft 

# Diffusionsprozesse von Öko-Innovationen

Ein agentenbasierter Ansatz

Florian Lewalder, Lehrstuhl für Makroökonomik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum  
(florian.lewalder@rub.de),  [orcid.org/0000-0003-4128-6933](https://orcid.org/0000-0003-4128-6933)

30

Der Artikel diskutiert Hindernisse für einen Strukturwandel zu einer ökologisch nachhaltigen Wirtschaftsweise auf der Produktebene. In einem agentenbasierten Modell wird eine Marktsituation mit Lock-in-Effekten simuliert, welche das technologische Paradigma eines verschmutzenden Produktionsprozesses gegenüber einer neu in den Markt eintretenden Öko-Innovation festigen. Konsumenten haben die Möglichkeit, über ihre Konsumwahl Einfluss auf den Strukturwandel zu nehmen. Dazu unterscheiden sie die ihnen angebotenen Produkte aufgrund von räumlichen, sozialen, ökonomischen und ökologischen Kriterien. Simulationen des Modells zeigen den Einfluss heterogener und homogener Konsumpräferenzen auf das Niveau an Umweltverschmutzung und die Adoptionsraten des umweltfreundlichen Produktes auf.

## *Diffusion Processes of Eco-Innovations An Agent-Based Approach*

*The article discusses product market hindrances for structural change towards an ecologically sustainable economic system. An agent-based model is presented which simulates an economy affected by path dependencies and lock-in effects. A new environmentally friendly product enters this market and tries to break the technological paradigm of a pollutive production technology. Consumers can influence this process of structural change via their consumption decision which depends on an assessment of products by means of spatial, social, economic, and ecological criteria. Simulations show how the model results, namely the speed of adoption and the level of pollution over time, are influenced by heterogeneous and homogeneous consumption preferences.*

**KEYWORDS:** eco-innovation, diffusion, technological paradigm, structural change, heterogeneity

## Einleitung

Ökologische Herausforderungen durch Schadstoffe, die als Nebenprodukte industrieller Fertigung anfallen, werden vermehrt als gesellschaftliches Problem anerkannt. Dies gilt nicht nur für den Kohlenstoffdioxidausstoß und den dadurch beschleunigten Klimawandel, sondern auch für Verunreinigungen, die durch Schwermetalle, Pestizide, Feinstaub und viele weitere Schadstoffe verursacht werden. Der Verbraucher hat durch die Wahl seines persönlichen Konsums prinzipiell die Möglichkeit, erheblichen Einfluss auf Umweltzerstörung und -verschmutzung auszuüben. Für viele Produkte des alltäglichen Konsums existieren grüne Alternativen, jedoch bleibt deren Marktdurchdringung häufig hinter den Erwartungen zurück. Studien weisen darauf hin, dass Konsumenten in Entscheidungssituationen auch dann nicht zu umweltfreundlichen Produkten greifen, wenn sie selbst eine positive Einstellung gegenüber Umweltthemen haben (Ozaki 2011). Wenn der Strukturwandel hin zu einem ökologisch-nachhaltigen technologischen Paradigma gelingen soll, ist es unabdingbar zu verstehen, wie Konsumenten durch ihre individuelle Konsumnachfrage dazu beitragen können und wo potenzielle Hindernisse für die Marktdurchdringung eines solchen von der Nachfrageseite induzierten Strukturwandels entstehen können. Agentenbasierte Modelle können hier einen großen Beitrag leisten. Sie bieten die Möglichkeit, ökonomische, soziologische und psychologische Intuition direkt zu modellieren und auf dieser Grundlage das Individualverhalten einzelner Haushalte zu simulieren. Durch Aggregation der Ergebnisse der Individualebene lassen sich wiederum Schlüsse für makroökonomische und gesamtgesellschaftliche Phänomene und Szenarien ziehen.

In diesem Beitrag wird ein agentenbasiertes Modell genutzt, um den Einfluss heterogener Konsumpräferenzen auf Diffusionsprozesse umweltfreundlicher Produkte zu analysieren. Dazu wird zunächst kurz auf Eigenschaften von Öko-Innovationen eingegangen, die diese von anderen Innovationen unterscheiden und den Markterfolg erschweren können sowie ein kurzer Überblick über die agentenbasierte Diffusionsliteratur gegeben. Danach wird das Modell vorgestellt, welches sich mit der Einführung von

Öko-Innovationen in Marktsituationen befasst, die durch Lock-in-Effekte geprägt sind. Anhand von Simulationsergebnissen des Modells werden die Einflüsse heterogener und homogener Konsumpräferenzen verglichen. Das kurze Fazit resümiert die Ergebnisse und empfiehlt zwei mögliche Förderinstrumente für Öko-Innovationen.

## Diffusionsprozesse von Öko-Innovationen und ABM

Umweltfreundliche Technologien, Produktionsprozesse und Endprodukte weisen spezifische Eigenschaften auf, die bei der erfolgreichen Etablierung am Markt hinderlich sind (Cecere et al. 2014). Sie unterscheiden sich dabei teilweise von anderen Innovationen, bei denen der Aspekt der Umweltfreundlichkeit nicht im Vordergrund steht. Für die Entstehung von Öko-Innovationen spielen positive externe Effekte, also positive Nebenwirkungen ökonomischer Entscheidungen auf andere Marktteilnehmer sowohl in der Entwicklungs- als auch in der Diffusionsphase eine wichtige Rolle (Rennings 2000). In der Entwicklungsphase kann das bedeuten, dass Marktkonkurrenten durch Wissenstransfer davon profitieren, wenn ein Unternehmen in die Entwicklung öko-innovativer Technologien investiert. Das reduziert die Anreize von Unternehmen, in die Erforschung dieser Technologien zu investieren. Die externen Effekte in der Diffusionsphase beziehen sich auf positive Umweltexternalitäten, wie beispielsweise umweltschädliche Emissionen im Produktionsprozess. Die Gesellschaft profitiert von Öko-Innovationen durch die Verbesserung der Umwelt, während das Unternehmen die Kosten übernehmen muss, die mit der Einhaltung von Umweltrichtlinien und der Reduzierung von anfallender Verschmutzung einhergehen. Dies verringert zusätzlich die Anreize zur Investition in umweltfreundliche Technologien, da Unternehmen, die eine solche Investition tätigen wollen, höhere Kosten in Kauf nehmen müssen als ihre direkte Konkurrenz, die weiterhin in konventionelle Technologie investiert.

Auch bei der individuellen Konsumententscheidung spielen die Umweltexternalitäten eine Rolle. So mag die Wahl eines umweltfreundlichen Produktes zwar gesellschaftlich von hohem Nutzen sein, für den privaten Konsumenten jedoch kann in vielen Fällen weiterhin das konventionelle Produkt die bessere Alternative sein. Unternehmen haben daher Schwierigkeiten, den sozialen Nutzen, der sich gesamtgesellschaftlich in Form von Umweltfreundlichkeit einer Innovation auswirkt, am Markt vom einzelnen Konsumenten auch monetär vergütet zu bekommen. Auf dieser Grundlage werden Investitionen in Öko-Innovationen eher widerwillig getätigt. Unternehmen und Konsumenten, die sich für umweltfreundliche Produkte entscheiden, müssen Kompromisse eingehen zwischen der Ökobilanz und Preis-/Qualitätsfaktoren (Oltra und Saint Jean 2009). Solange umweltschädliche Auswirkungen konventioneller Produktionstechnologien am Markt weder durch den Konsumenten bestraft noch durch die Politik reguliert werden, ist der Wettbewerb zwischen

umweltfreundlichen und umweltschädlichen Technologien verzerrt.

Ein weiteres Problem für die Entwicklung von Öko-Innovationen können technologische Paradigmen darstellen, die aufgrund von Lernkurven, Skalenerträgen, existierender Infrastruktur oder der Gewöhnung an einen bestimmten Lebensstil einer Gesellschaft zu Pfadabhängigkeiten und Lock-in-Effekten führen (Rennings 2000). Letztlich hängt die Entwicklung umweltfreundlicher Technologien auch von einer Sensibilität für das Thema Umwelt ab, sowohl auf Seite der Produzenten als auch auf Seite der Konsumenten. Hier spielt die eigene Erfahrung mit Umweltverschmutzung potenziell eine wichtige Rolle. So deuten Ergebnisse aus Fallstudien darauf hin, dass Konsumenten, die selbst durch Umweltverschmutzung beeinträchtigt sind, eher zum Kauf umweltfreundlicher Produkte neigen als Konsumenten, die selbst weder Umweltverschmutzung noch deren Folgen ausgesetzt sind (Windrum et al. 2009).

Zur Analyse von Öko-Innovationen bietet sich ein interdisziplinärer Ansatz an, da sich die Materie zwischen der Innovations- und Umweltökonomik sowie den Sozialwissenschaften verorten lässt. In einem umfangreichen Übersichtsartikel stellen Kiesling et al. (2012) fest, dass die klassisch aggregierten Diffusionsmodelle nur eine eingeschränkte Zahl eher theoretischer Fragestellungen beantworten können und wegen geringer Erklärungskraft in der Kritik stehen. Ein Beispiel ist der auf Rogers (2003) zurückgehende Ansatz, fünf unterschiedliche Gruppen von Individuen anhand ihrer Adoptionsneigung bei Innovationen zu definieren: Innovatoren, Early Adopter, frühe sowie späte Mehrheit und Nachzügler. Diese Gruppen werden jedoch nicht explizit modelliert. Stattdessen wird das aggregierte Adoptionsverhalten bei einer Innovation in Form einer S-Kurve dargestellt, um diese anschließend in unterschiedliche Abschnitte zu unterteilen, die dann als oben genannte Konsumentengruppen beschrieben werden. Mit dieser Form lassen sich Diffusionsprozesse zwar beschreiben, es fehlt jedoch die Möglichkeit zu analysieren, weshalb sich einzelne Individuen für die Adoption der Innovation entscheiden und wie sie sich untereinander dabei beeinflussen. So heben Kiesling et al. (2012) dann auch hervor, dass Heterogenität unter Konsumenten sowie komplexe Dynamiken sozialer Prozesse einen starken Einfluss auf Diffusionsprozesse haben. Gleichzeitig beobachten sie, dass die Methode der agentenbasierten Modellierung in der Diffusionsliteratur seit einigen Jahren immer stärker genutzt wird. Durch den dortigen Perspektivwechsel – weg vom sozialen System als Ganzes und hin zum einzelnen Konsumenten und dessen individuellen Eigenschaften, sozialen Interaktionen und Entscheidungsprozessen – können sich in agentenbasierten Modellen Dynamiken auf der Makroebene herausbilden, die ihren Ursprung im aggregierten Individualverhalten und in der komplexen Interaktion zwischen Individuen haben (Kiesling et al. 2012).

Im folgenden Abschnitt wird ein räumliches agentenbasiertes Modell näher beschrieben, welches die Probleme von Öko-Innovationen beim Eintritt in einen Markt untersucht, der von Lock-in-Effekten geprägt ist.

## Modell

Das Modell untersucht Auswirkungen heterogener Konsumpräferenzen auf die Nachfrage und die Diffusion von Öko-Innovationen. Es umfasst zwei Agentenklassen – die unten vorgestellten Unternehmen und Haushalte –, welche zufällig im zweidimensionalen Raum verteilt werden, und betrachtet eine Marktsituation, in der alteingesessene Unternehmen eine traditionelle, verschmutzende Technologie zur Produktion eines Konsumguts nutzen.

### Unternehmen

Eine erste Gruppe von Unternehmen ist am Markt etabliert. Diese haben die räumlichen Nischen weitgehend gefüllt und profitieren aufgrund von Lernkurven von einer steigenden Produktivität und einer wachsenden Qualität ihrer Produkte. Eine neue Technologie erlaubt es nun einer zweiten Gruppe neugegründeter Unternehmen, ihre Produkte ohne anfallende Umweltverschmutzung zu produzieren. Um sich am Markt erfolgreich aufstellen zu können, müssen diese öko-innovativen Unternehmen das technologische Paradigma brechen. Die Produktionsfunktionen der beiden Technologien sind identisch und berücksichtigen die Produktivität des Unternehmens sowie die Arbeitskraft von Arbeiternehmern als einzigen Produktionsfaktor. Unternehmen können nicht zwischen den Produktionstechnologien wechseln und sind heterogen bezüglich ihrer Arbeitsproduktivität und der Qualität ihrer Produkte. Die Lernkurven dieser beiden Faktoren sind hingegen unterschiedlich. Während die Produktivität eines einzelnen Unternehmens von der Menge aller jemals von ihm produzierten Produkte abhängt, wird die Produktqualität von der Zeitspanne bestimmt, die das Unternehmen bereits am Markt tätig ist.

Neu in den Markt eintretende Unternehmen haben durch hohe Produktionszahlen die Möglichkeit, langfristig eine höhere Produktivität als alteingesessene Unternehmen zu erreichen. Dies gilt nicht für die Produktqualität, da diese nicht von der Produktionsmenge abhängt. Es wird davon ausgegangen, dass Arbeitsprozesse umso schneller und effizienter ausgeführt werden, je häufiger sie schon ausgeführt wurden. Die Modellierung der qualitätsbezogenen Lernkurve spiegelt den in der Literatur diskutierten Umstand wider, dass der soziale Nutzen von Öko-Innovationen größer ist als der private Nutzen (Rennings 2000).

Um einen Lock-in-Effekt auf dem Markt zu erzeugen, existieren zu Beginn der Simulation nur konventionelle Produzenten, während öko-innovative Unternehmen erst im Zeitverlauf gegründet werden. Die beiden Lernkurven führen so zu den bereits erwähnten Wettbewerbsvorteilen für die schon länger am Markt etablierten konventionellen Unternehmen. Weiter verstärkt wird der Lock-in-Effekt durch die Tendenz der Haushalte, sich bei der Konsumententscheidung am sozialen Umfeld zu orientieren. Letzteres stellt für neue Unternehmen eine weitere Hürde dar, da sie sich somit auch gegen den sozialen Druck zur Konformität behaupten müssen.

### Haushalte

Die Haushalte bieten ihre Arbeitskraft auf dem Arbeitsmarkt an und nutzen ihr Einkommen für Konsumzwecke. Sie haben eine eingeschränkte Reichweite und können nur bei Unternehmen in einem Radius um den eigenen Standort einkaufen oder arbeiten.<sup>1</sup> Durch ihre Konsumwahl haben sie die Möglichkeit, der neuen, umweltfreundlichen Technologie am Markt zum Durchbruch zu verhelfen. Dazu wird ihnen eine einfache Regel zum Vergleich von Produkten an die Hand gegeben. Die Entscheidung für ein Konsumgut basiert auf einer gewichteten Summe, welche folgende fünf Kriterien mit einfließen lässt: Distanz zwischen Haushalt und Unternehmen, Konsumententscheidungen im nahen sozialen Umfeld, Preis, Produktqualität und Umweltschädlichkeit des Produktionsprozesses.

Haushalte evaluieren alle Produkte, die für sie verfügbar sind, anhand dieser Funktion, ordnen ihnen einen subjektiven Wert zu und sortieren diese dann hierarchisch, beginnend mit dem am besten bewerteten Konsumgut. Das Distanzkriterium führt zu räumlichem Wettbewerb, vergleichbar zu klassischen Modellen der Volkswirtschaftslehre (Hotelling 1929). Bei der sozialen Dimension achten die Haushalte auf den Konsum in ihrer direkten Nachbarschaft. Je mehr Nachbarn konventionelle (bzw. öko-innovative) Produkte konsumieren, umso mehr wollen Haushalte ebenfalls ein konventionelles (bzw. öko-innovatives) Produkt konsumieren. Bei der Bewertung von Preis und Qualität eines Konsumguts werden die Preise und Produktqualitäten aller Unternehmen in der Reichweite eines Haushalts verglichen. Je niedriger der Preis und je höher die Qualität eines Produktes, umso besser wird es bewertet. Weiter geht die Umweltschädlichkeit des Produktionsprozesses mit in die Entscheidungsregel ein. Dazu nutzen die Haushalte eine logistische Funktion, um das aktuelle Ausmaß an globaler Verschmutzung zu evaluieren, welche sich über die Zeit mit jedem umweltschädlich produzierten Gut akkumuliert und von der Umwelt nur langsam absorbiert werden kann. Diese funktionale Form entspricht stilisierten Fakten zur Adoption von Öko-Innovationen (Windrum et al. 2009) und spiegelt wider, dass Individuen sich in Entscheidungssituationen häufig nur für umweltfreundliche Produkte entscheiden, wenn sie selbst von Verschmutzung oder deren Folgen betroffen sind.

Zur Untersuchung des Einflusses von Heterogenität der Konsumpräferenzen auf die Modellergebnisse dienen die Gewichtungen der unterschiedlichen Kriterien in der Entscheidungsfunktion. Bei heterogenen Präferenzen werden vier unterschiedliche Agententypen genutzt: soziale, preissensitive, qualitätsmaximierende und umweltorientierte Konsumenten. Diese legen auf jeweils ein Kriterium besonders viel Wert (Gewichtung von 60%), während die anderen Kriterien nur eine untergeordnete Rolle spielen (Gewichtung von jeweils 10%). In der Simulation mit heterogenen Konsumpräferenzen werden jedem Haushalt die Präferenzen eines dieser vier Agententypen mit jeweils gleicher Wahrscheinlichkeit zugewiesen. Im Fall von

<sup>1</sup> Hier wird angenommen, dass die Transportkosten eines Produktes oder die Fahrtkosten eines Haushaltes ab einer gewissen Distanz prohibitiv hoch sind.

homogenen Präferenzen werden dahingegen alle Kriterien gleich gewichtet.

### Ablaufplan

Um ein besseres Bild davon zu bekommen, was genau in welcher Reihenfolge simuliert wird, folgt nun eine kurze Übersicht über den Ablaufplan des Modells:

1. Initialisierung: Haushalte und Unternehmen werden kreiert, Arbeitsbeziehungen zwischen ihnen hergestellt und auf deren Basis die Parameter der Unternehmen berechnet (vergangene Produktion, Lohnniveau, etc.).
2. Qualität und Produktivität der Unternehmen werden aktualisiert.
3. Unternehmen bestimmen ihre Arbeitsnachfrage, entlassen gegebenenfalls Arbeitskräfte oder schreiben neue Stellen aus. Haushalte bestimmen ihr Arbeitsangebot. Im Anschluss findet ein Matching-Prozess auf dem Arbeitsmarkt statt.
4. Unternehmen bestimmen anhand ihres aktuellen Lohnniveaus, ihrer Produktivität pro eingesetzter Arbeitskraft und ihres individuellen Preisaufschlags ihren Preis.
5. Unternehmen produzieren Güter. Anfallende Verschmutzung wird an die Umwelt abgegeben.
6. Haushalte gehen nacheinander einkaufen. Sie bewerten alle verfügbaren Produkte anhand ihrer Entscheidungsregel und kaufen das bestbewertete Produkt.
7. Löhne werden ausgezahlt. Unternehmen aktualisieren ihre Ersparnisse und verlassen im Insolvenzfall den Markt. Gewinnüberschüsse werden in Form von Dividenden gleichmäßig unter den Haushalten aufgeteilt.
8. Neue Unternehmen treten dem Markt bei. Sie führen von einem zufälligen Punkt im zweidimensionalen Raum aus eine Marktanalyse durch. Wenn das Unternehmen erwartet, eine ausreichende Menge seiner Produkte absetzen zu können, gründet sich an dieser Stelle ein neues Unternehmen.
9. Wiederholung der Punkte 2–8 über 1000 Simulationsrunden.

## Simulationsergebnisse

Die folgenden Modellergebnisse basieren auf Durchschnittswerten von jeweils 80 Simulationen für die beiden Szenarien mit homogenen bzw. heterogenen Konsumpräferenzen der Haushalte. Es soll untersucht werden, welchen Einfluss die Heterogenität von Konsumpräferenzen auf die Verbreitung des umweltfreundlichen Konsumguts hat. Im Fall des vorliegenden agentenbasierten Modells kann durch die direkte Modellierung von Agentenverhalten genau untersucht werden, wie Haushalte ihre Entscheidungen treffen, sich dabei gegenseitig beeinflussen und so die aggregierte Adoptionskurve bilden.

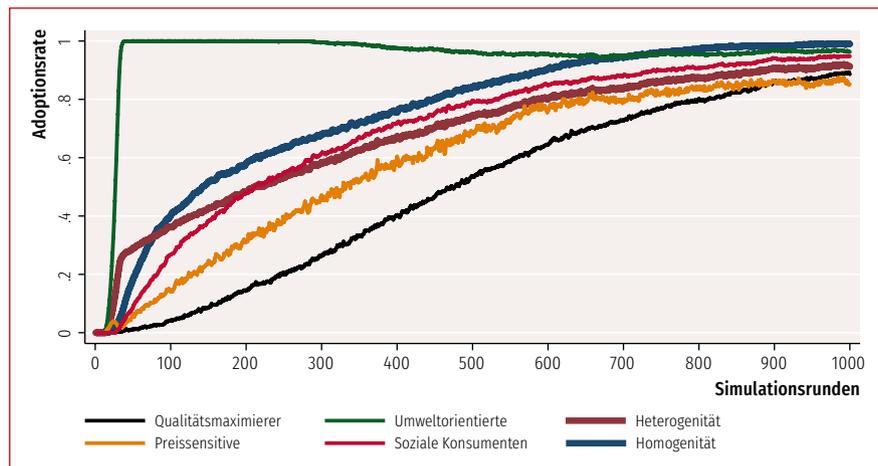


Abb. 1: Gesellschaftliche Adoptionsraten von Öko-Innovationen im Zeitverlauf bei Homogenität und Heterogenität der Konsumpräferenzen.

Quelle: Eigene Darstellung

Das Diagramm in Abbildung 1 zeigt, wie sich die Adoptionskurve der Öko-Innovation in den Fällen homogener und heterogener Konsumpräferenzen über die Zeit verändert. Die beiden fett markierten Graphen im Diagramm zeigen die gesamtgesellschaftlichen Adoptionsraten für den Heterogenitäts- und Homogenitätsfall, während die schmalen Linien die Adoptionsraten der vier Gruppen von Konsumtypen bei Heterogenität darstellen. Es fällt auf, dass sich die Dynamiken teilweise deutlich voneinander unterscheiden. Obwohl die gesamtgesellschaftliche Adoptionsrate bei heterogenen Präferenzen anfangs schneller steigt als im Homogenitätsfall, entwickelt sie sich bei Homogenität mittel- und langfristig besser. Im Folgenden werden zunächst der Heterogenitätsfall und anschließend der Homogenitätsfall näher beleuchtet.

### Heterogene Präferenzen

Der anfängliche Anstieg konsumierter Öko-Innovationen bei Heterogenität wird fast ausschließlich von umweltorientierten Konsumenten getragen, während soziale, preissensitive und qualitätsmaximierende Konsumenten deutlich länger bei konventionell produzierenden Unternehmen einkaufen (siehe Abbildung 1). Dies hat unterschiedliche Gründe: Einerseits können Veränderungen im Konsumverhalten auf Gründungsaktivitäten umweltfreundlicher Unternehmen und leere Lagerbestände konventioneller Unternehmen zurückgehen. Im oberen rechten Diagramm von Abbildung 2 ist zu erkennen, dass insbesondere im Heterogenitätsfall schon früh und in starkem Maße umweltfreundliche Unternehmen gegründet werden (graue Linie). Gestützt werden diese durch die Nachfrage der umweltorientierten Konsumenten. Andererseits ändern die unterschiedlichen Konsumtypen ihre Nachfrage, wenn bestimmte Voraussetzungen geschaffen wurden. Zwar spielen weiter alle fünf Entscheidungskriterien für alle Haushalte eine Rolle bei der Konsumentenschei-

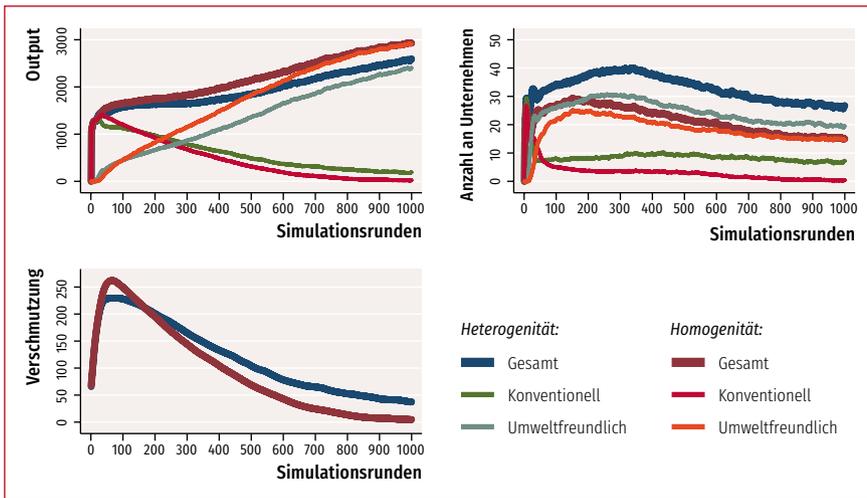


Abb.2: Produzierter Output, Anzahl der Unternehmen und Umweltverschmutzung im Zeitverlauf.  
Quelle: Eigene Darstellung

derung, aber die starke Neigung zu jeweils einem Kriterium führt zu großen Unterschieden im Konsumverhalten über die Zeit. Abbildung 3 zeigt hierzu, wie die unterschiedlichen Konsumentengruppen die von ihnen konsumierten Produkte subjektiv bewerten. Die großen Unterschiede in der Bewertung der unterschiedlichen Kriterien gehen auf die mit einbezogenen Gewichtungen zurück. So legen umweltorientierte Haushalte sehr viel Wert auf das Umweltkriterium, weshalb die subjektive Bewertung eines Produktes auch maßgeblich von diesem Kriterium beeinflusst wird. Jedoch sinkt im Laufe der Simulation die Umweltverschmutzung wieder (siehe Abbildung 2 unten links), da immer weniger umweltschädliche Produkte produziert werden und die Umwelt einen Teil der Verschmutzung absorbieren kann. Infolgedessen sinkt langfristig die Relevanz des Umweltkriteriums bei der Konsumententscheidung für alle Konsumenten. Dies erklärt auch, warum ursprünglich umweltorientierte Konsumenten langfristig nicht zwangsläufig beim umweltfreundlichen Produkt bleiben, wie in Abbildung 1 zu sehen ist (grüne Linie).

### Langfristig sinkt die Relevanz des Umweltkriteriums bei der Konsumententscheidung.

#### Soziale Konsumenten

Soziale Konsumenten tendieren dazu, ihre Konsumwahl zu ändern, wenn eine kritische Masse von Agenten in ihrem sozialen Umfeld bereits zur Öko-Innovation gewechselt ist. Die Kombination aus umweltorientierten Nachbarn und, wie im unteren linken Diagramm von Abbildung 2 (blaue Linie) zu sehen, einer stark ansteigenden Verschmutzung zu Beginn der Simulation, moti-

viert eine steigende Zahl sozialer Konsumenten, zu Öko-Innovationen zu wechseln. In Abbildung 3 ist erkennbar, dass die zwischenzeitlich gesunkene, subjektive Bewertung des sozialen Kriteriums der Produkte, die von sozialen Haushalten konsumiert werden, wieder ansteigt, wenn etwa ab Periode 220 die Adoptionsrate in der Gesamtbevölkerung 50% überschreitet. Das bedeutet, dass soziale Konsumenten beginnen, die Öko-Innovation als neuen Standard zu betrachten.

#### Preissensitive Konsumenten

Ein anderes Bild ergibt sich für die preissensitiven Haushalte. Zwar spüren auch diese Konsumenten anfangs die steigende Umweltverschmutzung, jedoch fokussieren sie sich mit dem Preis auf ein Entscheidungskriterium, das neu eintretende

umweltfreundliche Unternehmen aufgrund der Lernkurve für Arbeitsproduktivität nur langfristig für sich entscheiden können. Wie das obere linke Diagramm in Abbildung 2 zeigt, übersteigt der produzierte Output umweltfreundlicher Unternehmen (graue Linie) nach einer gewissen Zeit den Output konventionell produzierender Unternehmen (grüne Linie) deutlich, was mittel- und langfristig steigende Produktivität impliziert.<sup>2</sup> Da die Lernkurven nur für einzelne Unternehmen und nicht für den gesamten Sektor gelten, stellen die von der Produktivität abhängenden, vergleichsweise hohen Preise für umweltfreundliche Produkte für einen langen Zeitraum ein Hindernis für preissensitive Konsumenten dar.

#### Qualitätsmaximierende Konsumenten

Die Konsumtypen, die am längsten beim Konsum konventioneller Produkte bleiben, sind die qualitätsmaximierenden Haushalte. Sie passen ihren Konsum, wie in Abbildung 1 (schwarze Linie) deutlich zu erkennen, nur widerwillig an, da die konventionellen Unternehmen auch langfristig ein qualitativ hochwertigeres Produkt anbieten. Der Grund hierfür ist die, lediglich von der Zeit abhängige, Lernkurve für Produktqualität. Sie verschafft konventionellen Firmen auch dann noch einen leichten Vorteil in Bezug auf Qualität, wenn die umweltfreundlichen Unternehmen bereits einen Großteil des Markts dominieren. Die beinahe horizontal verlaufende Kurve für die Bewertung des Qualitätskriteriums in Abbildung 3 (unten rechts), weist darauf hin, dass die qualitätsmaximierenden Haushalte über weite Teile der Simulation ausschließlich zu den Produkten mit der jeweils höchsten Qualität greifen. Dass diese Haushalte letztlich dennoch vermehrt zum umweltfreundlichen Produkt greifen, hat sowohl mit sozialen Effekten und potenziell geringeren Preisen der

<sup>2</sup> Einschränkung muss allerdings hinzugefügt werden, dass – abgesehen vom Beginn der Simulation – mehr als doppelt so viele umweltfreundliche Unternehmen im Spiel sind als konventionelle.

umweltfreundlichen Produkte zu tun als auch mit zunehmenden Marktaustritten von nicht mehr wettbewerbsfähigen, konventionellen Unternehmen und der daraus resultierenden potenziellen Knappheit an hochqualitativen, konventionellen Produkten.

## Homogene Präferenzen

Für den Fall homogener Konsumpräferenzen geht aus Abbildung 2 zwar ein höheres Maximalniveau an Umweltverschmutzung hervor als im Heterogenitätsfall, jedoch sinkt dieses stärker im Zeitverlauf und auch die Adoptionsrate ist nach Ablauf der Simulation deutlich höher. In Abbildung 4 lassen sich dazu die entsprechenden Dynamiken der subjektiven Bewertungen für die unterschiedlichen Entscheidungskriterien ablesen. Da die Gewichtungen der unterschiedlichen Kriterien im Fall von heterogenen Präferenzen untereinander identisch sind (jeweils 20%), sieht man hier eine Überlagerung der Kurven. Zu Beginn der Simulation gewinnt die Umweltverschmutzung dramatisch an Relevanz für das Entscheidungsverhalten der Haushalte. Dies treibt auch die zunächst sprunghaft steigende Gründung von umweltfreundlichen Unternehmen an (siehe Abbildung 2, rechts oben), wobei diese unter den Bedingungen homogener verteilter Konsumpräferenzen langsamer verläuft als unter heterogenen Bedingungen. Anhand der durchweg hohen Bewertung des sozialen Kriteriums lässt sich folgern, dass sich Cluster von Konsumenten konventioneller und umweltfreundlicher Produkte bilden, da die Haushalte ihren gekauften Produkten nur dann eine hohe Bewertung für das soziale Kriterium geben, wenn ein hoher Anteil ihrer Nachbarn ein Produkt mit derselben Eigenschaft (konventionell oder umweltfreundlich) konsumieren. Die sinkende Relevanz der Umweltverschmutzung über die Zeit wird aufgefangen durch die Tatsache, dass nach 200 Zeiteinheiten bereits etwa 60 % der Haushalte zum umweltfreundlichen Konsum gewechselt sind. So wirkt das Umweltkriterium hier ähnlich wie im heterogenen Fall als Treiber des beginnenden Strukturwandels, hat jedoch für alle Haushalte eine relativ hohe Relevanz und nicht nur für eine kleine Gruppe. Die leichte Substituierbarkeit der Entscheidungskriterien unterstützt langfristig den Übergang zur umweltfreundlichen Technologie.

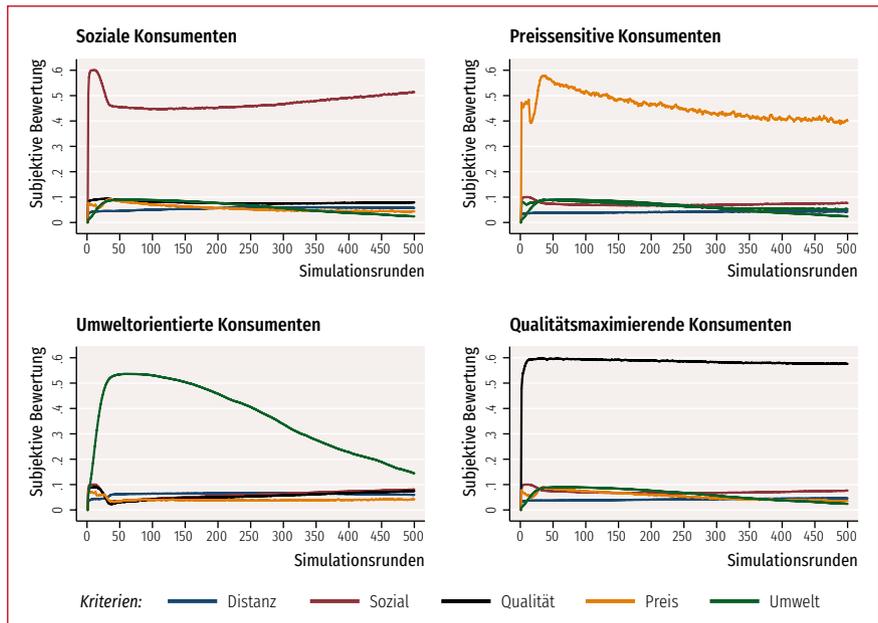


Abb. 3: Kriterienbewertung im Zeitverlauf, unterteilt in Konsumenttypen.

Quelle: Eigene Darstellung

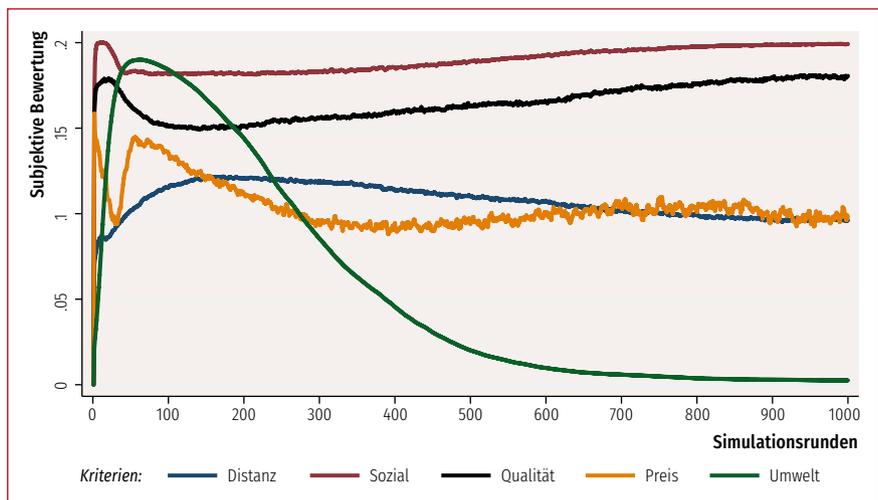


Abb. 4: Subjektive Kriterienbewertung bei Homogenität der Konsumpräferenzen.

Quelle: Eigene Darstellung

## Fazit

In der vorgestellten Analyse wurde ein agentenbasiertes Modell genutzt, um den Einfluss heterogener und homogener Konsumpräferenzen auf den Diffusionsprozess einer umweltfreundlichen Innovation zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Adoptionsdynamiken sowohl auf Individualebene wie auch auf gesellschaftlicher Ebene deutlich verändern, je nachdem ob heterogene oder homogene Konsumpräferenzen der Modellierung zugrunde gelegt. Unter heterogenen Bedingungen führten die verschiedenen Schwerpunkte bei der Konsumententscheidung einerseits zu einer schnelleren Diffusion der öko-innovativen Pro-

dukte in der Frühphase der Simulation, andererseits jedoch zu einer verringerten langfristigen Diffusion. Diese Unterschiede ließen sich insbesondere an zwei der vier Konsumentengruppen festmachen: den umweltorientierten und qualitätsmaximierenden Haushalten. Das Ergebnis zeigt auf, wie wichtig die genaue Zusammensetzung einer Gesellschaft für die Diffusionsdynamik von Öko-Innovationen ist und schärft das Verständnis für nachfrageseitige Beschleuniger sowie Hindernisse eines Strukturwandels zu einer nachhaltigeren Wirtschaftsweise.

Die Unterteilung der Gesellschaft, hier beispielhaft in vier Gruppen, ergibt, verglichen mit einer aggregierten Auffassung von Konsumverhalten, ein differenzierteres Bild davon, wie einzelne Konsumgruppen adressiert werden können. Die Modellergebnisse implizieren zwei Empfehlungen für Politikmaßnahmen mit dem Ziel einer schnelleren Diffusion von Öko-Innovationen. Eine Subvention für Öko-Innovationen könnte sich senkend auf den Preis auswirken und so eine schnellere Adoption des neuen Produktes seitens der preissensitiven Haushalte nach sich ziehen. Über soziale Effekte hätte dies Auswirkungen auf die gesamte Gesellschaft. Alternativ könnte sich ein Förderinstrument in Form einer staatlichen Nachfrage nach dem öko-innovativen Produkt sowohl vorteilhaft auf die Lernkurven der öko-innovativen Unternehmen auswirken als auch das Risiko senken, dass ein junges umweltfreundliches Unternehmen durch den starken Wettbewerb aus dem Markt gedrängt wird. Beide Politikmaßnahmen können anhand des hier vorgestellten Modells simuliert und ihr Einfluss auf das Konsumverhalten sowie die Marktdurchdringung der Öko-Innovation analysiert werden.

### Literatur

Cecere, Grazia; Corrocher, Nicoletta; Gossart, Cédric; Ozman, Muge (2014): Lock-in and Path Dependence: An Evolutionary Approach to Eco-innovations. In: Journal of Evolutionary Economics 24 (5), S. 1037–1065. DOI: 10.1007/s00191-014-0381-5.

Hotelling, Harold (1929): Stability in Competition. In: The Economic Journal 39 (153), S. 41–57. DOI: 10.2307/2224214.

Kiesling, Elmar; Günther, Markus; Stummer, Christian; Wakolbinger, Lea (2012): Agent-Based Simulation of Innovation Diffusion: A Review. In: Central European Journal of Operations Research 20 (2), S. 183–230. DOI: 10.1007/s10100-011-0210-y.

Ultra, Vanessa; Saint Jean, Maïder (2009): Sectoral Systems of Environmental Innovation: An Application to the French Automotive Industry. In: Technological Forecasting and Social Change 76 (4), S. 567–583. DOI: 10.1016/j.techfore.2008.03.025.

Ozaki, Ritsuko (2011): Adopting Sustainable Innovation: What Makes Consumers Sign Up to Green Electricity? In: Business Strategy and the Environment 20 (1), S. 1–17. DOI: 10.1002/bse.650.

Renning, Klaus (2000): Redefining Innovation: Eco-Innovation Research and the Contribution from Ecological Economics. In: Ecological Economics 32 (2), S. 319–332. DOI: 10.1016/S0921-8009(99)00112-3.

Rogers, Everett M. (2003). Diffusion of Innovations. New York: Free Press.

Windrum, Paul; Ciarli, Tommaso; Birchenhall, Chris (2009): Consumer Heterogeneity and the Development of Environmentally Friendly Technologies. In: Technological Forecasting and Social Change 76 (4), S. 533–551. DOI: 10.1016/j.techfore.2008.04.011.

36



### FLORIAN LEWALDER

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Makroökonomik der Ruhr-Universität Bochum und forscht zu den Themen Öko-Innovationen, Diffusionsprozesse und agentenbasierte Modellierung.

## Sind Sie auf der Suche nach dem passenden Weihnachtsgeschenk?

Dann haben wir das Richtige für alle Querdenker und Vordenkerinnen: Mit einem Abo der *politischen ökologie* verschenken Sie ein Jahr neue Perspektiven und unorthodoxe Lösungsvorschläge für die ökologischen Herausforderungen unserer Zeit!

### Das pö-Geschenkabo-Angebot\*

Vier Ausgaben für nur **48,53 Euro** statt regulär 64,70 Euro (zzgl. Versandkosten).



INFORMATIONEN unter [www.oekom.de/geschenkabonnement](http://www.oekom.de/geschenkabonnement)

\*Angebot gültig bis einschließlich 31.12.2017

**politische ökologie**  
Die Zeitschrift für Querdenker und Vordenkerinnen

**JETZT**  
Geschenkabo  
bestellen und  
25 %  
sparen



# Der Simulator „SimCo“ als Tool der TA

## Experimente zur Verkehrssteuerung

Fabian Adelt, TU Dortmund, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Fachgebiet Techniksoziologie, Otto-Hahn-Str. 4, 44227 Dortmund  
(fabian.adelt@tu-dortmund.de),  [orcid.org/0000-0001-9022-5956](https://orcid.org/0000-0001-9022-5956)

Sebastian Hoffmann, TU Dortmund, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Fachgebiet Techniksoziologie  
(sebastian3.hoffmann@tu-dortmund.de),  [orcid.org/0000-0001-7865-7772](https://orcid.org/0000-0001-7865-7772)

37

Das Simulationsframework „SimCo“ erlaubt es, die Steuerung komplexer, netzwerkförmiger, soziotechnischer (Infrastruktur-)Systeme zu untersuchen – beispielsweise die des Verkehrs- oder Energiesystems. SimCo basiert auf den Prinzipien der agentenbasierten Modellierung und Simulation. Dynamiken auf der Systemebene werden durch die Interaktion einer Vielzahl strategisch handelnder, heterogener Agenten erzeugt. Mit Hilfe von Simulationsexperimenten lassen sich unterschiedliche Szenarien (mit politisch definierten Zielvorstellungen) hinsichtlich ihrer Wirksamkeit sowie möglicher nicht-intendierter Nebenfolgen testen, denn der Steuerungserfolg hängt letztlich von den Reaktionen der Agenten auf der Mikro-Ebene ab. Ein abstraktes, urbanes Verkehrssystem dient als Anwendungsfall und lässt eine Mischung aus weichen und harten Steuerungsmaßnahmen vielversprechend erscheinen.

### The “SimCo” Simulator as a TA Tool Experiments on Traffic Management

*The simulation framework “SimCo” aims at investigating the governance of complex, network-like, socio-technical (infrastructure) systems like transportation or energy supply. SimCo applies the method of agent-based modeling and simulation, meaning that dynamics at the system level result from the interactions of strategically acting, heterogeneous agents. Since successful governance depends on the agents’ reaction at the micro level, simulation experiments with what-if scenarios (with politically defined objectives) can be used to test different governance measures regarding their efficiency and possible unintended side effects. An abstract, urban road transportation system serves as an exemplary case, its results indicate a promising combination of soft and strong control measures.*

**KEYWORDS:** governance, socio-technical systems, ABMS, infrastructure networks, road transportation

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CCBY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
<https://doi.org/10.14512/tatup.26.3.37>  
Submitted: 05. 07. 2017. Peer reviewed. Accepted: 30. 08. 2017

Moderne Gesellschaften sind mit einer Vielzahl von Problemen konfrontiert, z. B. Klimawandel und Umweltverschmutzung, die einen gestalterischen Eingriff erforderlich machen – wie etwa die Entwicklung nachhaltiger soziotechnischer Systeme im Bereich Mobilität. Hierbei werden Instrumente benötigt, welche die Einschätzung derartiger Transformationsprozesse erlauben: Gängige Verfahren sind etwa die Ableitung von Zukunftsszenarien (Foxon 2013; McDowall 2014) sowie die Bewertung von Politikmaßnahmen mit speziellen Analyseinstrumenten (Mazur et al. 2015; Kern 2012). Die Nutzung von Computersimulationen, insbesondere agentenbasierter Modellierung und Simulation (ABMS), stellt hierbei jedoch noch eine relativ junge Methode dar (siehe etwa Köhler et al. 2009; Lopolito et al. 2013). Zu den typischen Zielen einer ABMS zählt beispielsweise, den emergenten Charakter von Wandlungsprozessen besser zu verstehen (Holtz et al. 2015, S. 46 f.), Handlungsempfehlungen für politische Akteure zu generieren sowie die Auswirkungen kombinierter Politikmaßnahmen im Vorfeld experimentell zu überprüfen (van der Vooren und Brouillat 2015). Daher ist auch die Technikfolgenabschätzung ein geeignetes Einsatzfeld für Computersimulationen, denn sie erfüllen letztlich sowohl eine Erkenntnis- als auch eine Kommunikationsfunktion (Scheer 2013, S. 26).

### Vorstellung des Frameworks

SimCo (Simulation of the Governance of Complex Systems) ist ein agentenbasiertes Simulationsframework zur Untersuchung von Governance-Fragestellungen – besonders hinsichtlich der Steuerung komplexer, netzwerkförmiger Infrastruktursysteme wie des Verkehrssystems (Adelt et al. 2014; Weyer 2011). Es basiert auf einem soziologischen Makro-Mikro-Makro-Modell eines soziotechnischen Systems (Coleman 1990; Esser 1993), welches Dynamiken auf Systemebene als Resultat des (Inter-)Agierens heterogener Akteure (Mikro-Ebene) beschreibt. Akteure werden vom aktuellen Zustand des Systems beeinflusst – etwa von infrastrukturellen Rahmenbedingungen, welche zugleich An-

satzpunkte für steuernde Eingriffe liefern. Diese haben keinen direkten Einfluss auf die Strukturen eines soziotechnischen Systems, sondern beeinflussen das Handeln strategischer Akteure auf der Mikro-Ebene (z. B. Nutzer, Konsumenten), was schließlich zu emergenten Effekten auf der Makro-Ebene führen kann (z. B. Stau oder Regimewandel). Die Entscheidungen der Akteure auf der Mikro-Ebene werden von der jeweiligen Wahrnehmung situativer Einschränkungen sowie individuellen, teilweise konfligierenden Präferenzen und Bewertungskriterien bestimmt: Akteure handeln begrenzt rational und maximieren ihren subjektiv wahrgenommenen Nutzen (Esser 1993).

**Ziel und Aufgabe**

SimCo zielt primär darauf ab, zwei Kernprobleme von Governance zu untersuchen (Adelt et al. 2014). Dies ist einerseits das Risikomanagement von komplexen soziotechnischen Systemen: Operatives Risikomanagement zielt typischerweise darauf ab, unerwünschte externe Effekte, z. B. Umweltverschmutzung, zu reduzieren und Systemfehler zu verhindern, z. B. Verkehrsstaus oder Blackouts im Stromnetz. Andererseits setzt sich Governance mit Systemtransformation auseinander: So soll mit politischen Maßnahmen oft ein Regimewandel erreicht werden, z. B. nachhaltige Mobilität, was potenziell mit einem fundamentalen Wandel des bestehenden Systems einhergeht (Loorbach et al. 2011). Folglich sind Governance-Maßnahmen mit dualen – teilweise ambivalenten – Anforderungen konfrontiert: Sie lenken den Wandel eines Systems bei gleichzeitiger Beibehaltung seiner Funktionalität.

Deshalb sollen mit SimCo verschiedene What-if-Szenarien mit unterschiedlichen Systemkonfigurationen durchgespielt werden, um Aussagen darüber zu treffen, inwiefern verschiedene Governance-Modi (Selbstkoordination, weiche, harte oder kombinierte Steuerung) die Performance des Systems beeinflussen und letztlich dabei helfen, die oben definierten Zielvorstellungen zu realisieren (Weyer et al. 2015). Auch wenn in der Regel kein linearer Zusammenhang zwischen Steuerungsmaßnahme und Steuerungsziel existiert, und sich komplexe soziotechnische Systeme nur bedingt kontrollieren lassen (Holtz et al. 2015), sollen die drei Governance-Modi dennoch dazu dienen, emergente Effekte von Eingriffsmaßnahmen einzuschätzen.

**Übersicht der Modellkomponenten**

SimCo wurde als universell anwendbares Framework konzipiert. Es besteht aus abstrakten Knoten, Kanten, Agenten und Technologien, die szenariospezifisch ausgestaltet werden können. Hier-

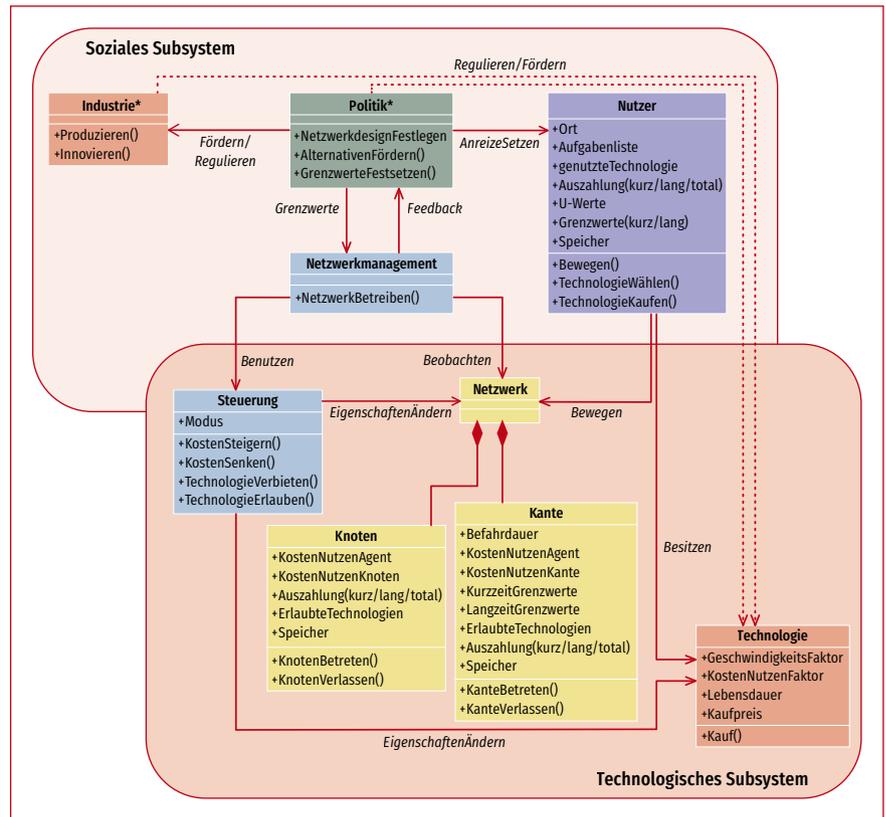


Abb. 1: Subsysteme und ihre Interdependenzen innerhalb des SimCo-Frameworks. Quelle: Eigene Darstellung

für werden frei programmierbare „Dimensionen“ genutzt, die je nach Anwendungsfall hinsichtlich Semantik und Wertebereich zu definieren sind. Für den Fall des urbanen Straßentransports wurden etwa Geld, Komfort, Emissionen und (Verkehrswege-) Kapazität als relevante Dimensionen festgelegt. Ein ähnliches Vorgehen findet sich beim *multi-dimensional practices space* von Köhler et al. (2009, S. 2987), der Wertedimensionen abbildet, anhand derer das Verhalten von Akteuren definiert wird. Sie dienen in SimCo als Bezugspunkt für eine Vielzahl von Modellkomponenten (siehe unten).

Komplexe Systeme wie das des urbanen Verkehrs setzen sich aus einer Vielzahl sozialer, technischer und soziotechnischer Subsysteme zusammen (Geels 2012). Abbildung 1 zeigt die wichtigsten Subsysteme und deren Interdependenzen, die im Folgenden vorgestellt werden.

Zentrale Akteure des sozialen Subsystems sind die Nutzer, die Verkehrsmittel regelmäßig nutzen bzw. periodisch anschaffen. Sie wählen das Verkehrsmittel, das am ehesten ihre individuellen Präferenzen bedient (z. B. Umweltfreundlichkeit oder Komfort) und ihnen bei der Erfüllung bestimmter Aufgaben bzw. täglicher Mobilitätsroutinen hilft (z. B. zur Arbeit fahren oder Einkäufe erledigen). Neben den Nutzern beinhaltet dieses Subsystem: das Netzwerkmanagement bzw. die Verkehrssteuerung, welche einen reibungslosen Betrieb gewährleisten soll und bei Bedarf mit Hilfe eines Repertoires an unterschiedlich starken

Maßnahmen interveniert (Sandrock und Riegelhuth 2014); Politiker, die Grenzwerte und Fördermaßnahmen beschließen; und schließlich Produzenten aus dem Industriesektor, die verschiedene Verkehrsmittel und Transporttechnologien bereitstellen. In der vorliegenden Version von SimCo beschränken wir uns auf Nutzer-Agenten und Verkehrsmanagement-Agenten.

Das technische Subsystem besteht einerseits aus den Technologien, die den Nutzern zur Verfügung stehen: Autos, Fahrräder oder ÖPNV. Jedes Verkehrsmittel verfügt über eigene Charakteristika, die sich auf die o. g. Dimensionen beziehen: Ein Fahrrad produziert beispielsweise keine Emissionen und belegt wenig Platz auf der Straße, mit dem Auto kommt man in der Regel jedoch schneller voran. Die Verkehrsinfrastruktur, welche aus einem Netz von Knoten und Kanten besteht, stellt einen weiteren, wichtigen Teil dieses Subsystems dar (Merriman 2009): Knoten können sowohl *points of interest* für die Nutzer sein – etwa ein Supermarkt, der Arbeitsplatz oder das eigene Zuhause – als auch bloße Verbindungspunkte zwischen Kanten, z. B. Kreuzungen oder Bahnhöfe. Kanten stellen Verkehrsverbindungen zwischen Knoten dar. Sie können sowohl Straßen umfassen, welche von unterschiedlichen Verkehrsmitteln genutzt werden können, aber auch Verkehrswege, die nur für bestimmte Verkehrsmittel zur Verfügung stehen (z. B. reine Radwege oder Straßenbahnlinien).

Dem Netzwerkmanagement stehen verschiedene Steuerungsmaßnahmen zur Verfügung, um Ziele wie Systemerhaltung bzw. -transformation zu verfolgen. Diese Eingriffe beziehen sich auf die zuvor genannten „Dimensionen“, die einerseits als Messwerte zur Überwachung des Systems (z. B. Kapazitätsauslastung von Kanten als Indikator für Staus) und andererseits als Ausgangspunkt für Interventionen dienen: So kann u. a. die Nutzung einer Technologie auf einer Kante verteuert werden (z. B. Pkw-Maut) oder ein Knoten für eine bestimmte Technologie gesperrt werden (z. B. Fußgängerzone). Das System kann in folgenden Governance-Modi betrieben werden (Weyer et al. 2015):

- Selbstkoordination, in der sich die Agenten untereinander koordinieren und das Netzwerkmanagement das Geschehen lediglich beobachtet, aber nicht interveniert;
- weiche Steuerung mittels negativer oder positiver Anreize, um ein bestimmtes Verhalten (un-)attraktiver zu gestalten;
- harte Steuerung mittels Verboten, beispielsweise für die Nutzung bestimmter Technologien auf einzelnen Kanten;
- die Kombination der letzten beiden Maßnahmen.

### Prozessüberblick und Interaktionen

In jedem Simulationsschritt bewegen sich die Nutzer-Agenten durch das Verkehrsnetz. Dabei verfolgen sie eine Aufgabenliste und bewerten jede verfügbare Handlungsalternative auf Basis individueller Präferenzen (Velasquez und Hester 2013) und situativ wahrgenommener Beschränkungen. Bei der Aufgabenliste handelt es sich um eine Liste von Knoten, die der Agent bereisen muss – beispielsweise muss er zur Arbeit, zum Einkaufen und wieder nach Hause. Dabei greifen wir auf Essers Theo-

rie des subjektiv erwarteten Nutzens zurück (*subjective expected utility*, *SEU*, Esser 1993), der mithilfe folgender Formel berechnet wird:

$$SEU(A_i) = \sum_{j=1}^n p_{ij} \cdot U(O_j)$$

Ein Akteur bestimmt den erwarteten Nutzen *SEU* einer Handlungsalternative  $A_i$  auf Basis der wahrgenommenen Wahrscheinlichkeit  $p_{ij}$ , dass die Handlung zu einem Ziel  $O_j$  führt, dessen Erreichung er ferner eine Wichtigkeit  $U$  zuschreibt; er wählt schließlich die Handlungsalternative mit dem höchsten erwarteten Nutzen (Esser 1993, S. 9).

Bezogen auf den Fall der Verkehrsmittelwahl stellen die Kombinationen aus möglichen Routen und darauf nutzbaren Verkehrsmitteln die Menge der Handlungsalternativen  $A$  dar: Ein Akteur kann etwa mit dem Rad oder dem Auto zur Arbeit fahren (ein Technologiewechsel ist dabei nur auf „Home-Knoten“ erlaubt). Individuelle Ziele  $O$  und ihre beigemessene Wichtigkeit  $U$  geben an, *inwiefern* ein Akteur „schnell“, „kostengünstig“, „umweltfreundlich“ und „komfortabel“ reisen möchte (Flade 2013, S. 91 f.). „Geschwindigkeit“ bezieht sich auf keine der zuvor genannten Dimensionen, sondern stellt eine eigene Variable u. a. für die Modellierung der Handlungswahl der Agenten dar. Mit Hilfe unterschiedlicher Präferenzen  $U$  lassen sich heterogene Akteurstypen ableiten, etwa „Umweltorientierte“ oder „Sparfüchse“ (siehe unten). In unserer Adaption des SEU-Modells sind die wahrgenommenen Wahrscheinlichkeiten  $p$  nicht ausschließlich fixe Werte, sondern teilweise situationsabhängig, z. B. beeinflusst von der aktuellen Verkehrslage und den ggf. variablen Eigenschaften eines Verkehrsmittels. Hierbei basie-

*Tägliche Entscheidungen werden nicht zwangsläufig rational kalkulierend getroffen, sondern sind häufig von mental verankerten Routinen bestimmt.*

ren die Einschätzungen der Verkehrsmittel auf *subjektiv wahrgenommenen* Kosten und Nutzen, nicht auf objektiven Indikatoren (z. B. €/km oder gCO<sub>2</sub>/km), welche häufig in ABMS eingesetzt werden (Köhler et al. 2009; Lopolito et al. 2013). So wurden U- und p-Werte im Rahmen einer Befragung von 506 Personen (siehe unten) erhoben: In dieser sollten Probanden beispielsweise die Wahrscheinlichkeit einschätzen, mit einem bestimmten Verkehrsmittel ein angestrebtes Ziel zu erreichen (p-Werte) – also etwa mithilfe des Autos schnell, umweltschonend oder günstig zum Ziel zu kommen. Darüber hinaus sollten sie auch ihre individuellen Ziele bewerten (U-Werte).

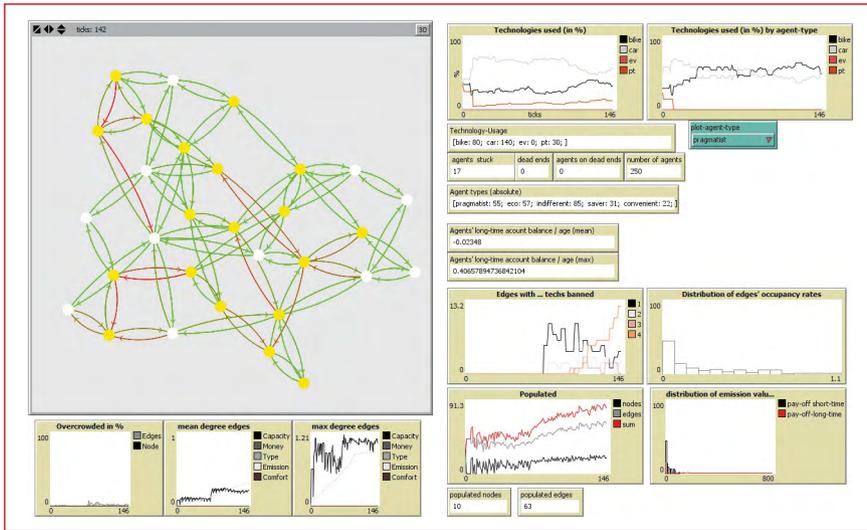


Abb.2: Screenshot von SimCo (beispielhaftes kleines Netz mit 30 Knoten und 250 Agenten).

Quelle: Eigene Darstellung

In jedem Simulationsschritt verändern die Nutzer-Agenten ihren eigenen Zustand, weil das Bereisen von Knoten und Kanten Kosten verursacht (z. B. Abnutzung, Spritkosten, Parkgebühren, Maut etc.) oder Nutzen generiert (z. B. Einkommen durch Besuch eines Aufgaben-Knotens). Wenn ein Agent seine persönlichen (Langzeit-)Limits überschreitet (z. B. sein Kostenlimit), scheidet er aus der Simulation aus und wird durch einen neuen Agenten eines zufälligen Typs ersetzt. Damit lässt sich ein vereinfachter evolutionärer Lernmechanismus abbilden: Langfristig steigt der Anteil von Agenten jener Typen, die besser mit den jeweiligen Bedingungen, beispielsweise einer erhöhten Maut, zurechtkommen und ihr Verhalten ggf. anpassen. Gleichzeitig ändern Agenten durch ihre Aktionen den Zustand des Netzwerkes: Die freie Kapazität einer Straße verringert sich, wenn sie stark befahren wird, Emissionen werden ausgestoßen und so weiter. Somit ändert sich der Zustand des Gesamtsystems durch die Aktionen und Interaktionen der heterogenen Agenten permanent (Gilbert 2008, S. 15, 33).

Werden schließlich (politisch festgelegte) Grenzwerte erreicht, kann das Netzwerkmanagement mit Hilfe der zuvor beschriebenen Governance-Modi eingreifen, beispielsweise im Fall von hohen Emissionswerten oder Stau.

### Implementation

SimCo wurde in NetLogo (Wilensky 1999) implementiert, einer Programmiersprache, die häufig für sozialwissenschaftliche ABMS genutzt wird (Epstein 2007). Es hat ein grafisches Nutzer-Interface, in dem die Struktur des Netzwerkes angezeigt und verschiedene Messwerte

	Typ	Beschreibung	Anzahl
<b>Knoten</b>	Home	Start- und Endorte (zu Hause, Technologiewechsel erlaubt)	204
	Task	Knoten zur Aufgabenerfüllung (Einkaufszentren, Arbeitsplatz etc.)	236
	Standard	Verbindungspunkte (Kreuzungen, Bahnhöfe, Auffahrten)	160
<b>Kanten</b>	Shared-small	Gemeindestraßen; alle Verkehrsmittel	984
	Shared-big	Landstraßen; alle Verkehrsmittel	110
	Car-only	Schnellstraßen; nur Autos	104
	Bike-only	Reine Radwege; nur Fahrräder	3
	PT-only	Straßenbahnlinien; nur ÖPNV	110
<b>Agenten</b>	Pragmatiker		1.000
	Umweltbewusste		600
	Indifferente		1.800
	Sparfüchse		600
	Komfortorientierte		2.000

Tab. 1: Konfiguration des Basis-Szenarios.

Quelle: Eigene Darstellung

Tägliche Entscheidungen werden jedoch nicht zwangsläufig bewusst und rational kalkulierend getroffen, sondern sind häufig von mental verankerten Routinen bestimmt (Kroneberg 2014, S. 98; Schwanen et al. 2012). Um dies im SEU-Modell abzubilden, wurden ‚versteckte‘ Präferenzen für die Nutzer-Agenten eingefügt: Neben den oben genannten vier Zielen wollen sich Akteure, sofern jeweils verfügbar, gewohnheitsmäßig ‚mit dem Auto‘, ‚mit dem Fahrrad‘ oder ‚mit den öffentlichen Verkehrsmitteln‘ fortbewegen. Dadurch wird die Wahl eines bestimmten Verkehrsmittels wahrscheinlicher, unabhängig von der derzeitigen Situation eines Akteurs (Kroneberg 2014, S. 100).

ausgegeben werden können, z. B. die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel, Kapazitätsauslastungen auf Straßen oder aktuelle Emissionswerte (Abb. 2).

## Experimente

### Setup und Basis-Szenario

Als Ausgangspunkt für unsere Szenarien wurde das abstrahierte Verkehrsnetz einer mittleren deutschen Großstadt gewählt, das wir mit (Infrastruktur-)Daten der Stadt Dortmund kalibriert ha-

ben (IT.NRW 2015; Stadt Dortmund 2011, 2004; Lämmer et al. 2006). Die Kalibrierung bezieht sich vorrangig auf die Charakteristika und prozentualen Anteile der verschiedenen Verkehrswege. Da ein abstrahiertes Verkehrsnetz modelliert wird, basiert die Beziehung der Knoten und Kanten nicht auf geografischen Daten, sondern stellt eine zufällige Anordnung dar. Diese wird für die verschiedenen Experimente mit identischen Saatwerten vergleichbar erzeugt. Zudem wurde eine Befragung von 506 Personen durchgeführt, in der die Präferenzen von Verkehrsteilnehmern sowie unterschiedliche Akteurstypen identifiziert wurden. Die Heterogenität der Agentenpopulation (Gilbert 2008, S. 14 ff.) spiegelt sich in den folgenden fünf Nutzertypen wider:

- Pragmatiker, die im Wesentlichen schnell ans Ziel kommen wollen;
- Umweltbewusste, die besonders auf Umweltauswirkungen eines Transportmittels achten;
- Indifferente, die keine klaren Präferenzen aufweisen;
- Sparfüchse, die primär die Kosten eines Verkehrsmittels als Bewertungskriterium heranziehen;
- Komfortorientierte, denen neben der Geschwindigkeit vor allem der Komfort wichtig ist.

Das Basis-Szenario, in dem die Nutzer-Agenten sich selbst koordinieren – also keine Intervention durch die Verkehrssteuerung stattfindet – bietet den Referenzpunkt für Vergleiche mit verschiedenen Steuerungsszenarien (siehe unten). Die genaue Basis-Konfiguration kann Tabelle 1 entnommen werden.

**Maßzahlen**

Zur Beurteilung des Erfolges der Steuerungsmaßnahmen betrachten wir die Änderungen im Technologiewahlverhalten der Population. Da die Technologienutzung direkt die im Netz ausgestoßenen Emissionswerte bedingt, verzichten wir hier auf eine gesonderte Darstellung. Als zweiten Messwert ziehen wir die Anteile der fünf Agententypen an der Gesamtpopulation heran und können so darstellen, inwiefern sich die Population verändert und ob einzelne Agententypen positiv oder negativ beeinflusst werden.

Neben der Art des Eingriffs (weich, hart, kombiniert) unterscheiden sich die Experimente hinsichtlich der Höhe des Anreizfaktors, seien es z. B. Komfort- oder Kostensteigerungen. Die Anreizhöhe „1“ stellt dabei den Normalzustand ohne steuernden Eingriff dar.

**Szenario 1: Statische Eingriffe**

Statische Maßnahmen basieren auf einer Veränderung der Rahmenbedingungen für einen längerfristigen Zeitraum. Im Falle weicher Steuerung umfasst dies beispielsweise eine grundsätzliche Änderung von Technologieeigenschaften, etwa eine Verteuerung des Autos (negativer Anreiz) oder eine (wie auch immer geartete) Komfortsteigerung des ÖPNV (positiver Anreiz).

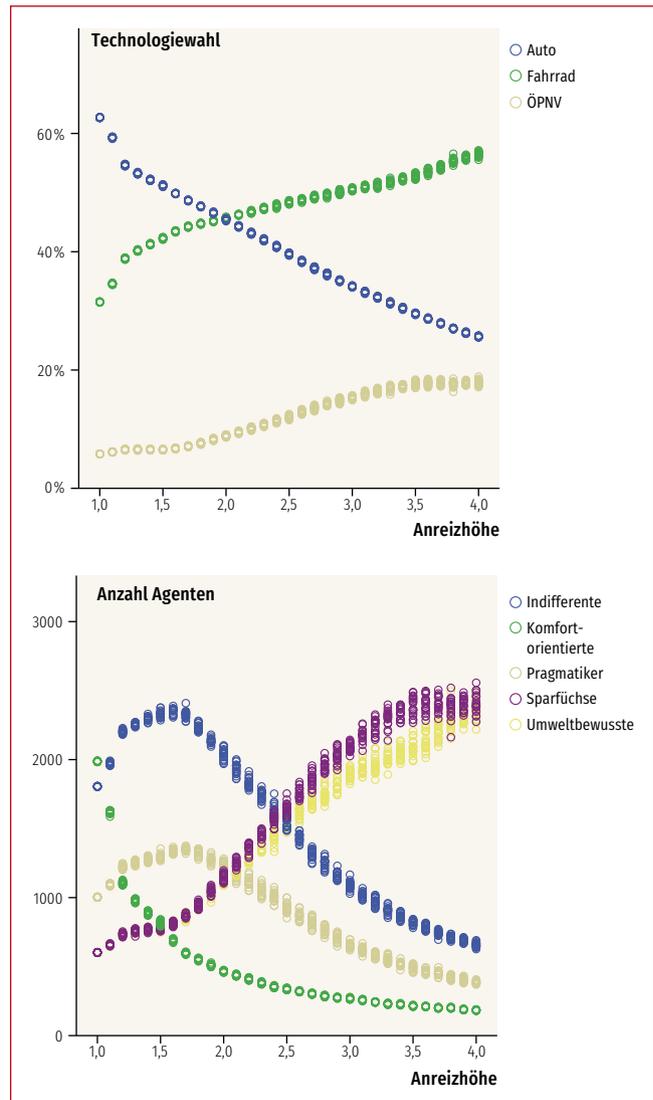


Abb. 3: Ergebnisse: Statische Kostensteigerung Auto. Quelle: Eigene Darstellung

Negative Anreize (Kostensteigerung der Autonutzung, Abb. 3) führen zu direkten Änderungen bei der Verkehrsmittelwahl. Auf Populationsebene zeigt sich ein direkter Rückgang der Autonutzung. Es wird bei moderaten Preiserhöhungen zuerst durch das Fahrrad ersetzt, das die Bedürfnisse der Agenten offensichtlich besser erfüllt. Erst mit hohen Steigerungsraten steigt auch die Nutzung des ÖPNV an, auch bedingt durch die Änderungen der Agentenzahlen und den damit verbundenen Lerneffekt auf Populationsebene. Dann allerdings schaffen es nur noch „Ökologiebewusste“ und „Sparfüchse“, ihre Aufgaben (beispielsweise innerhalb der gegebenen Kostenlimits) zu erfüllen, die anderen Agententypen sind zumindest stark dezimiert.

**Szenario 2: Situative Eingriffe**

Situative Maßnahmen basieren auf einem dynamischen Steuerungsalgorithmus, der zwischen Selbstkoordination (keine Inter-

Eingriff	Stärke	Fahrrad	Auto	ÖPNV	Pragmatiker	Umweltbewusste	Indifferente	Sparfüchse	Komfortorientierte
-	-	0,31	0,62	0,05	1.003	601	1.805	602	1.987
weich	gering	0,41	0,52	0,06	1.282	770	2.306	773	866
	mittel	0,45	0,46	0,08	1.263	1.053	2.163	1.070	448
	hoch	0,47	0,40	0,11	929	1.527	1.593	1.653	296
hart	-	0,41	0,52	0,06	1.025	614	1.843	614	1.902
kombiniert	gering	0,45	0,47	0,06	1.195	716	2.150	716	1.220
	mittel	0,48	0,44	0,06	1.306	786	2.355	787	763
	hoch	0,51	0,40	0,08	1.274	1.059	2.190	1.057	417

Tab.2: Ergebnisse: Situative Eingriffe.

Quelle: Eigene Darstellung

vention) und (weicher bzw. harter) Steuerung wechselt, sobald festgelegte Grenzwerte überschritten werden: Wenn 60% eines Grenzwertes erreicht sind, wird die weiche Steuerung aktiviert; bei über 80% wirkt die harte Steuerung. Im Falle weicher Steuerung werden betroffene Knoten und Kanten schrittweise unattraktiv gemacht (hier durch die Erhöhung von Nutzungsgebühren für das Auto) – in der Hoffnung, dass Nutzer-Agenten ihr Verhalten ändern und so das vorliegende Problem gelöst wird. Bei harter Steuerung wird die Nutzung des Autos auf belasteten Kanten verboten. Sobald die Messwerte gesunken sind, werden die Maßnahmen (schrittweise) aufgehoben. Situative Eingriffe setzen also prinzipiell voraus, dass ein „smartes“ Echtzeit-Verkehrsmanagementsystem existiert (Baumann und Püschner 2016; Flügge 2016, S. 150; Weyer 2011, S. 17), das Zugriff auf alle relevanten Daten hat.

Die Stärke der weichen Steuerungseingriffe (hier die durchschnittliche Kostenerhöhung) variiert zwischen den Experimenten, da der Steuerungsalgorithmus mit unterschiedlichen Parametern (z. B.: „Wie schnell soll die Maut steigen?“) justiert werden kann. Deshalb unterteilen wir die Ergebnisse (Tab. 2) in drei Gruppen (geringe, mittlere und hohe Eingriffsstärke). Weiche Steuerung provoziert bereits bei geringer Eingriffsstärke deutliche Wechsel im Technologiewahlverhalten, die nur leichte Änderungen auf der Populationsebene nach sich ziehen. Lediglich „Komfortorientierte“, die auf der Nutzung des Autos beharren, sowie einige „Indifferente“ werden negativ beeinflusst. Harte Steuerung zeigt keine negativen Auswirkungen auf die Population, aber ähnliche Resultate wie die weiche Steuerung im Hinblick auf die Technologiewahl. Agenten werden also durch lokale Verbote nicht nur zu Routenänderungen, sondern in gewissem Maße auch zum Wechsel der genutzten Technologie veranlasst. Im Hinblick auf hohe Änderungsraten bei der Technologiewahl und möglichst geringe Änderungsquoten bei der Population erweist sich schließlich der kombinierte Steuerungsmodus als ideal. Ferner zeigt sich (nicht in der Tabelle dargestellt), dass nur durch Hinzunahme der harten Steuerung ein positiver Effekt hinsichtlich des Emissionsausstoßes auf den am stärksten genutzten Kanten zu erzielen ist.

## Diskussion und Fazit

Der Beitrag hat das abstrakte Simulationsframework SimCo anhand von Governance-Experimenten mit einem urbanen Transport-Szenario vorgestellt. Sowohl statische als auch situativ bedingte weiche Steuerungsimpulse führten zu einer Änderung im Technologiewahlverhalten der Agenten, also zur Reduktion des Autoverkehrs und der dadurch bedingten Emissionen. Insbesondere die situative Kombination von weicher und harter Steuerung zeigte insofern interessante Ergebnisse, als ein starker Wandel hinsichtlich der Technologienutzung bei geringer Änderung der Population möglich war. Denn es ist zu vermuten, dass leichte Änderungen der Population als Lernprozess, zu starke Schwankungen dagegen als soziale Unzufriedenheit zu interpretieren sind.

Unter Bezug auf die Experimente mit situativen Steuerungseingriffen wäre es interessant zu überprüfen, inwiefern sich die Effizienz von Interventionsmaßnahmen ändert, wenn die Verkehrssteuerung mit unvollständigen oder zeitverzögerten Informationen arbeiten muss – etwa, wenn Daten nicht in Echtzeit gesammelt werden oder Nutzer nicht bereit sind, Daten preiszugeben. Zukünftige Weiterentwicklungen des SimCo-Frameworks sollten sich u. a. mit dieser Fragestellung auseinandersetzen – vor allem vor dem Hintergrund aktueller Debatten zu „Big Data“ (Flügge 2016).

## Literatur

Adelt, Fabian; Weyer, Johannes; Fink, Robin D. (2014): Governance of Complex Systems: Results of a Sociological Simulation Experiment. In: *Ergonomics* 57 (3), S. 434–448.

Baumann, Stefanie; Püschner, Michael (2016): Nutzungsszenarien I. In: Barbara Flügge (Hg.): *Smart Mobility. Trends, Konzepte, Best Practices für die intelligente Mobilität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 91–98.

Coleman, James S. (1990): *Foundations of Social Theory*. Cambridge: Harvard University Press.

Epstein, Joshua M. (2007): *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton: Princeton University Press.

Esser, Hartmut (1993): *The Rationality of Everyday Behavior: A Rational Choice*

- Reconstruction of the Theory of Action by Alfred Schütz. In: *Rationality and Society* 5 (1), S. 7–31.
- Flade, Antje (2013): *Mobilitätsmotive*. In: Antje Flade (Hg.): *Der rastlose Mensch. Konzepte und Erkenntnisse der Mobilitätspsychologie*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 69–95.
- Flügge, Barbara (2016): *Mobilitätsrelevante Diagnostik*. In: Barbara Flügge (Hg.): *Smart Mobility. Trends, Konzepte, Best Practices für die intelligente Mobilität*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 147–152.
- Foxon, Timothy J. (2013): *Transition Pathways for a UK Low Carbon Electricity Future*. In: *Energy Policy* 52, S. 10–24.
- Geels, Frank (2012): *A Socio-Technical Analysis of Low-Carbon Transitions: Introducing the Multi-Level Perspective into Transport Studies*. In: *Journal of Transport Geography* 24, S. 471–482.
- Gilbert, Nigel (2008): *The Idea of Agent-Based Modeling*. In: Nigel Gilbert (Hg.): *Agent-Based Models*. London: Sage, S. 1–20.
- Holtz, Georg; Alkemade, Floortje; de Haan, Fjalarde et al. (2015): *Prospects of Modelling Societal Transitions: Position Paper of an Emerging Community*. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 17, S. 41–58. DOI: 10.1016/j.eist.2015.05.006.
- IT.NRW – Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2015): *Kommunalprofil Dortmund*. Düsseldorf: Information und Technik Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter <http://www.it.nrw.de/kommunalprofil/l05913.pdf>, zuletzt geprüft am 10. 10. 2017.
- Kern, Florian (2012): *Using the Multi-Level Perspective on Socio-Technical Transitions to Assess Innovation Policy*. In: *Technological Forecasting and Social Change* 79 (2), S. 298–310.
- Köhler, Jonathan; Whitmarsh, Lorraine; Nykvist, Björn; Schilperoord, Michel; Bergman, Noam; Haxeltine, Alex (2009): *A Transitions Model for Sustainable Mobility*. In: *Ecological economics* 68 (12), S. 2985–2995.
- Kroneberg, Clemens (2014): *Frames, Scripts, and Variable Rationality: An Integrative Theory of Action*. In: Gianluca Manzo (Hg.): *Analytical Sociology: Norms, Actions, and Networks*. Hoboken: Wiley, S. 97–123.
- Lämmer, Stefan; Gehlsen, Björn; Helbing, Dirk (2006): *Scaling Laws in the Spatial Structure of Urban Road Networks*. In: *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 363 (1), S. 89–95.
- Loorbach, Derk; Frantzeskaki, Niki; Thissen, Wil (2011): *A Transition Research Perspective on Governance for Sustainability*. In: Carlo C. Jaeger, J. David Tabara und Julia Jaeger (Hg.): *European Research on Sustainable Development. Volume 1. Transformative Science Approaches for Sustainability*. Berlin: Springer, S. 73–89.
- Lopolito, Antonio; Morone, Piergiuseppe; Taylor, Richard (2013): *Emerging Innovation Niches: An Agent Based Model*. In: *Research Policy* 42 (6), S. 1225–1238.
- Mazur, Christoph; Contestabile, Marcello; Offer, Gregory J.; Brandon, N. P. (2015): *Assessing and Comparing German and UK Transition Policies for Electric Mobility*. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 14, S. 84–100. DOI: 10.1016/j.eist.2014.04.005.
- McDowall, Will (2014): *Exploring Possible Transition Pathways for Hydrogen Energy: a Hybrid Approach Using Socio-Technical Scenarios and Energy System Modelling*. In: *Futures* 63, S. 1–14. DOI: 10.1016/j.futures.2014.07.004.
- Merriman, Peter (2009): *Automobility and the Geographies of the Car*. In: *Geography Compass* 3 (2), S. 586–599.
- Sandrock, Michael; Riegelhuth, Gerd (2014): *Verkehrsmanagementzentralen in Kommunen. Eine vergleichende Darstellung*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Scheer, Dirk (2013): *Computersimulationen in politischen Entscheidungsprozessen. Zur Politikrelevanz von Simulationswissen am Beispiel der CO<sub>2</sub>-Speicherung*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Schwanen, Tim; Banister, David; Anable, Jillian (2012): *Rethinking Habits and Their Role in Behaviour Change: the Case of Low-Carbon Mobility*. In: *Journal of Transport Geography* 24, S. 522–532.
- Stadt Dortmund (2004): *Flächennutzungsplan der Stadt Dortmund. Erläuterungsbericht*. Dortmund: Stadt Dortmund Stadtplanungsamt. Online verfügbar unter [http://www.dortmund.de/media/p/stadtplanungs\\_und\\_bauordnungsamt/stadtplanung\\_bauordnung\\_downloads/stadtplanung\\_1/Erlbericht\\_DO\\_04\\_FNP.pdf](http://www.dortmund.de/media/p/stadtplanungs_und_bauordnungsamt/stadtplanung_bauordnung_downloads/stadtplanung_1/Erlbericht_DO_04_FNP.pdf), zuletzt geprüft am 10. 10. 2017.
- Stadt Dortmund (2011): *Lebensraum Dortmund. Jahresbericht*. Dortmund: Stadt Dortmund Fachbereich Statistik. Online verfügbar unter [http://www.dortmund.de/media/p/statistik\\_3/statistik/veroeffentlichungen/jahresberichte/lebensraum/195\\_2011\\_lebensraum.pdf](http://www.dortmund.de/media/p/statistik_3/statistik/veroeffentlichungen/jahresberichte/lebensraum/195_2011_lebensraum.pdf), zuletzt geprüft am 10. 10. 2017.
- van der Vooren, Alexander; Brouillat, Eric (2015): *Evaluating co2 Reduction Policy Mixes in the Automotive Sector*. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 14, S. 60–83.
- Velasquez, Mark; Hester, Patrick T. (2013): *An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods*. In: *International Journal of Operations Research* 10 (2), S. 56–66. Online verfügbar unter [http://www.orstw.org.tw/ijor/vol10no2/ijor\\_vol10\\_no2\\_p56\\_p66.pdf](http://www.orstw.org.tw/ijor/vol10no2/ijor_vol10_no2_p56_p66.pdf), zuletzt geprüft am 20. 10. 2017.
- Weyer, Johannes (2011): *Netzwerke in der mobilen Echtzeit-Gesellschaft*. In: Johannes Weyer (Hg.): *Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung*. München: Oldenbourg Verlag, S. 3–38.
- Weyer, Johannes; Adelt, Fabian; Hoffmann, Sebastian (2015): *Governance of Complex Systems: a Multi-Level Model*. Dortmund: TU Dortmund (Soziologische Arbeitspapiere, 42). DOI: 10.17877/DE290R-401.
- Wilensky, Uri (1999): *NetLogo*. Evanston: Northwestern University. Online verfügbar unter <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>, zuletzt geprüft am 10. 10. 2017.



#### FABIAN ADELT

beschäftigt sich seit 2011 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Technikoziologie an der TU Dortmund mit ABMS und Governance-Fragestellungen. Anwendungsfelder sind u. a. Verkehrs- und Elektrizitätsnetzwerke.



#### SEBASTIAN HOFFMANN

ist seit 2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Technikoziologie an der TU Dortmund. Aktuelle Forschungsprojekte behandeln den Wandel von (Auto-)Mobilität sowie die Modellierung des Energiekonsumverhaltens von Haushalten.

# Technikfolgenabschätzung in Energielandschaften

## Agentenbasierte Modellierung von Energiekonflikten

Jürgen Scheffran, Forschungsgruppe Klimawandel und Sicherheit (CLISEC), Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN),

Institut für Geographie, Universität Hamburg, Grindelberg 7, 20144 Hamburg (juergen.scheffran@uni-hamburg.de)

P. Michael Link, CLISEC/CEN, Institut für Geographie, Universität Hamburg (michael.link@uni-hamburg.de)

Mostafa Shaaban, CLISEC/CEN, Institut für Geographie, Universität Hamburg (mostafa.shaaban@uni-hamburg.de)

Diana Süsser, Institut für Geographie, Universität Hamburg (diana.suesser@posteo.de)

Jinxi Yang, National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation, Beijing, China (xixiaixixi@hotmail.com)

44

Verglichen mit den Risiken und Konflikten des fossil-nuklearen Zeitalters erscheinen die erneuerbaren Energien in einem überwiegend positiven Licht. Allerdings schafft die Transformation zu einer kohlenstoffarmen Energieversorgung neue Energielandschaften, die einen hohen Bedarf an Landflächen mit sich bringen – was ebenfalls Energiekonflikte provozieren kann. Um derartige Konflikte zu mindern und die Akzeptanz der Bevölkerung zu gewinnen, kann Technikfolgenabschätzung einen Beitrag leisten, wenn sie sich auf räumliche agentenbasierte Modelle stützt. Diese Modelle repräsentieren die Entscheidungen von Stakeholdern über Energiealternativen, deren dynamische Interaktionen sowie daraus resultierende Landnutzungsoptionen und Energiepfade. Als Fallstudie dient Norddeutschland, wo Landwirte und Gemeinden als lokale Akteure der Energiewende agieren.

### Technology Assessment in Energy Landscapes

#### Agent-Based Modeling of Energy Conflicts

*The risks and conflicts of the fossil-nuclear age are in contrast to the effects of renewable energies which appear in a largely positive light. However, the transformation towards a low-carbon energy supply creates new energy landscapes with a high demand for suitable land areas – which may also provoke energy conflicts. Technology assessment can contribute to reducing such energy conflicts and increasing public acceptance by using spatial agent-based models that represent dynamic decisions and interactions of stakeholders regarding energy alternatives and land-use options. Northern Germany serves as a case study region where farmers and communities are local actors of the energy transition.*

**KEYWORDS:** agent-based modelling, energy conflicts, energy landscapes, energy transition, renewable energy

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CCBY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
<https://doi.org/10.14512/tatup.26.3.44>  
Submitted: 06.07.2017. Peer reviewed. Accepted: 23.10.2017

## Energiekonflikte und Energielandschaften

### Von Energiekonflikten zur Energiewende

Umweltauswirkungen, Sicherheitsrisiken und geopolitische Konfliktdimensionen der fossil-nuklearen Energieversorgung stehen vielfach im Fokus öffentlicher Debatten über den wachsenden Energiebedarf und den Ressourcenmangel, über Verteilungsprobleme und Nord-Süd-Spannungen, über die globale Erwärmung oder über neue und alte Sicherheitsrisiken, beispielsweise Reaktorunfälle, Endlagerung und militärische Nutzung der Kernenergie (IANUS 1996; Zoll 2002). Angesichts von Protesten gegen Kernenergie, Kohle und andere fossile Energieträger verstärkte die Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima 2011 die gesellschaftliche Kontroverse und brachte die Energiewende auf den Weg. Durch staatliche Subventionsprogramme und rechtliche Rahmenbedingungen (Deutscher Bundestag 2000; Deutscher Bundestag 2011; EU 2015) hat sich der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung in Deutschland zwischen 2000 und 2015 vervielfacht (Böhner et al. 2017).

Erneuerbare Energiequellen sind eine Voraussetzung für die Transformation des zentralisierten Energiesystems im industriellen Zeitalter zu einer dezentralen, nachhaltigen, gesundheitsverträglichen und kohlenstoffarmen Energieversorgung (IPCC 2011). Im Unterschied zu destruktiven Landschaftseingriffen der bisherigen Energiegewinnung – z. B. durch Abholzung von Wäldern, Kohle- und Uranminen, Verschmutzung von Luft, Boden und Wasser – besteht heute die Herausforderung, erneuerbare Energien in vorhandene ökologische und soziale Landschaftsstrukturen einzubetten. Lokale Akteure wie Landwirte und Bürgerinitiativen sind Pioniere der Energiewende und treiben sie voran, z. B. durch Bereitstellung landwirtschaftlicher Flächen, durch Bürgerwindparks oder Energiekommunen. Die dadurch ausgelöste Nachfrage nach Landflächen und Landinvestitionen verstärkt jedoch die Konkurrenz um die begrenzte „Schlüsselresource Raum“ und führt zu wachsenden Akzeptanzproblemen

und Konflikten. Beispiele sind die Auswirkungen großer Staudämme auf Flussläufe, die Veränderung des Landschaftsbildes durch Windkraftanlagen, die Konkurrenz zwischen dem Anbau von Nahrungsmitteln und Energiepflanzen, Widerstände gegen Stromtrassen oder die Folgen für den Umwelt- und Artenschutz.

Welchen Beitrag agentenbasierte Modelle zum Verständnis dieser Konflikte leisten und wie sie politische Entscheidungsfindungen unterstützen können, wird im Folgenden diskutiert.

### Energielandschaft Norddeutschland

Schleswig-Holstein verfügt über reichlich landwirtschaftliche Nutzflächen und setzt seit Jahrzehnten auf Windkraft und Bioenergie als wichtigste erneuerbare Energiequellen. Während der bundesweite Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch 2015 bei rund 15 % lag, war der Anteil in Schleswig-Holstein mit rund 31 % deutlich höher, davon 56,2 % aus Windkraft, 36,4 % aus Biomasse und 6 % aus Photovoltaik und Solarthermie. Beim Stromverbrauch lag der erneuerbare Anteil bundesweit bei etwa 32 %, während im Bundesland die erneuerbare Stromproduktion den Gesamtbedarf überstieg (MELULR-SH 2017).

Bioenergie ist vielseitig einsetzbar und umfasst die Gewinnung von Biodiesel aus Energiepflanzen wie Raps, Mais oder Weizen und die Stromerzeugung in Biogasanlagen (AEE 2013). In Deutschland stieg das Anbaugelände der Energiepflanzen von rund 0,7 Mio. Hektar im Jahr 1999 auf mehr als 2,3 Mio. Hektar im Jahr 2013; dies entspricht etwa 19,3 % des Ackerlandes. Die installierte Leistung aller Biogasanlagen in Schleswig-Holstein betrug 2015 knapp 400 MW. Bis 2020 soll der Anteil der Biomasse in Schleswig-Holstein weiter ausgebaut werden. Bis

Eine modellgestützte Fallstudie hat diese Konfliktpotenziale auf der Halbinsel Eiderstedt im südlichen Nordfriesland untersucht, einem wichtigen Brut- und Rastgebiet teilweise bedrohter Vogelarten. Mitte des letzten Jahrzehnts wurde der Plan gefasst, den Anteil des Ackerlands auf der Halbinsel von 35 % auf rund 65 % im Jahre 2025 zu erhöhen, um vermehrt Mais für Biogasanlagen anzubauen (Link und Schlepner 2007). Eine Szenarioanalyse ermittelte die Auswirkungen eines solchen Grünlandumbruchs auf die ökologische Tragfähigkeit von vier Wattvogelarten (Schlepner und Link 2008), deren Bestände auch durch den Qualitätsrückgang des Grünlands stark belastet würden. Eine andere Untersuchung beschäftigte sich mit Änderungen im Landschaftsbild Eiderstedts durch Maisfelder (Link und Schlepner 2011) und fand heraus, dass Urlauber diese Änderungen zwar bewusst wahrnahmen, diese aber keine gravierenden Auswirkungen auf ihre Urlaubsplanung hatten.

### Agentenbasierte Modellierung von Energielandschaften

Modelle können einen relevanten Beitrag zur Abschätzung der Folgen von Energiekonflikten leisten und damit Entscheidungsprozesse über zukünftige Energiepfade unterstützen. Es gibt vielfältige Energiemodelle, von der Projektion zukünftiger Energieversorgung bis zum Verständnis energieökonomischer Interaktionen (Bhattacharyya und Timilsina 2010). Top-down-Ansätze modellieren und optimieren von einer Makroperspektive der gesamten Wirtschaft die Entwicklung von Energiesystemen, Energieverbrauch oder Emissionen.

## *Geringe Energiedichte und hoher Landbedarf der Bioenergie provozieren eine Konkurrenz um die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen.*

2050 könnte die Biomasse 26 % des gesamten Energiebedarfs in Deutschland decken (FNR 2017). Die Entscheidung, ob Pflanzen für Lebensmittel oder Energie angebaut werden, hängt dabei von wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen ab.

Zu den Problemen der Bioenergie gehören die geringe Energiedichte und der hohe Landbedarf, was eine Konkurrenz um die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen, Konflikte mit dem Natur-, Umwelt- und Artenschutz, mit der Nahrungsmittelproduktion (*food versus fuel*) wie auch mit dem Tourismus provoziert. Zudem zieht die Umwandlung von Grünland in Ackerland einen hohen Wasserverbrauch und die Gefahr einer Überdüngung der Böden nach sich. Aufgrund endlicher Nutzflächen stößt der Ausbau von Bioenergie und Lebensmitteln somit an praktische Grenzen.

Demgegenüber spielen Bottom-up-Modelle eine zunehmende Rolle, die das komplexe Wechselspiel zwischen sozioökonomischen Dynamiken und geographischen Faktoren auf der Mikroebene untersuchen. Die agentenbasierte Modellierung (ABM) repräsentiert individuelle Agenten, die autonom, reaktiv, proaktiv, regelbasiert und lernfähig sind, ihr Handeln aufgrund bestimmter Verhaltensregeln und Ziele an konkrete Situationen anpassen und mit anderen Agenten interagieren (Arthur 1999). Mit computergestützten Simulationsverfahren lässt sich die Entstehung komplexer sozialer Strukturen (*artificial societies*) von der lokalen Mikroebene bis zur globalen Makroebene analysieren (Billari et al. 2006).

ABM eignet sich damit auch für die Analyse von Energiekonflikten im Kontext einer nachhaltigen Transformation räumlicher Energielandschaften, um die interdependenten Handlungen

gen einer Vielzahl von Akteuren und die daraus resultierenden Energiepfade darstellen und analysieren zu können (Matthews et al. 2007).

Als Rahmen für ABM dient hier das VCX-Modell, das die handlungsleitenden Motive der Akteure, ihre Fähigkeit zu regelbasiertem Verhalten sowie ihre dynamischen Interaktionen einbezieht (Scheffran und Hannon 2007, vgl. Abb. 1). Dabei verwenden die Akteure einen Teil ihrer verfügbaren Handlungsmittel (Fähigkeiten  $K$ ) als Investitionen ( $C$ ) gemäß ihrer Prioritäten ( $P$ ) in Handlungspfaden ( $A$ ) zur Beeinflussung ihrer Systemumgebung ( $X$ ) und beurteilen die Ergebnisse der Handlungen aller Akteure anhand eigener Werte und Ziele ( $V$ ), um aufgrund von zielgeleiteten Entscheidungsregeln (bezeichnet durch  $\Delta$ ) neue Handlungen abzuleiten. In Reaktion auf ihre Wertepreferenzen können Akteure die Prioritäten für Handlungspfade innerhalb gewisser Grenzen intensivieren oder abschwächen und durch Lern- und Anpassungsprozesse die Handlungsrichtung mit einer bestimmten Reaktionsstärke ändern.

Aufgrund der gewählten Handlungen und deren Wirkungen auf alle Akteure (auch der Eigenwirkungen) entsteht eine Interaktion. Akteure können in Konflikt geraten, wenn sie die Werte ( $V$ ) anderer Akteure durch ihre Handlungen ( $A$ ) schädigen und dies Gegenmaßnahmen provoziert, die eine Eskalationsspirale in Gang setzen. Umgekehrt können Akteure durch gegenseitige Anpassungen (Änderung von Investitionen  $\Delta C$ , Prioritäten  $\Delta P$  und Handlungen  $\Delta A$ ) Konflikte eindämmen und sich durch Kooperation gegenseitig Vorteile verschaffen, was eine Stabilisierung der sozialen Interaktion ermöglicht.

Im Rahmen dieses Modells können komplexe Dynamiken der Mensch-Umwelt-Interaktion simuliert und analysiert werden, z. B. die Bildung sozialer Netzwerke und Koalitionen durch Zusammenwirken von Investitionen, Handlungen und Werten ebenso wie Ressourcennutzungs- und Transformationsprozesse. Eine Darstellung des VCX-Modells und Anwendungen in den Bereichen Umwelt und Sicherheit findet sich in Scheffran und Hannon (2007) am Beispiel von Konflikt- und Rüstungsdynamiken bis hin zu Problemen von Energie, Klimawandel und nachhaltiger Ressourcennutzung. So wurden Investitionen in verschiedene Energiepfade analysiert, in Abhängigkeit von Nutzen, Kosten, Klimaschäden und Emissionsgrenzwerten (Scheffran 2008).

### Landnutzungsmodell Schleswig-Holstein

Etablierte Instrumente zur Analyse von Landnutzung sind bioökonomische Optimierungsmodelle, die mithilfe aggregierter Nutzenfunktionen optimale Verteilungen von Getreidesorten in der Fläche bestimmen. Sie wurden beispielsweise für den Bio-

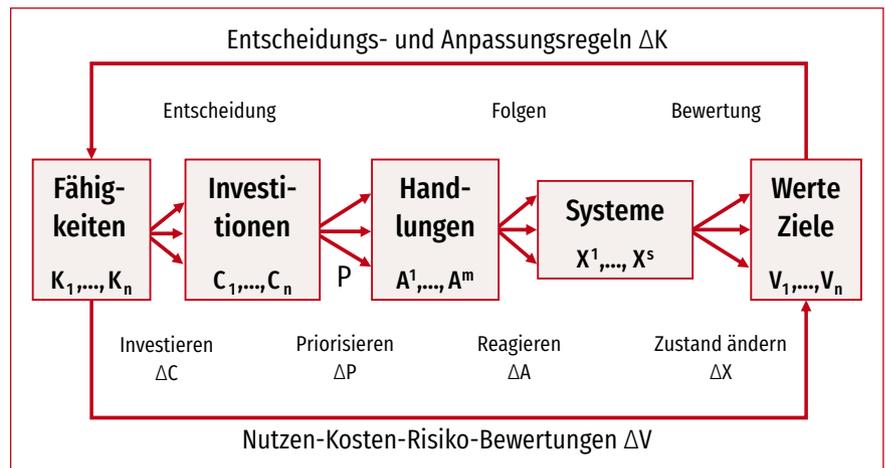


Abb. 1: Grundstruktur des VCX-Modells (Index n bezeichnet die Zahl der Akteure, m die Zahl der Handlungsoptionen, s die Zahl der Systemzustände und -variablen). Quelle: Eigene Darstellung

masseanbau und die Standortbestimmung von Bioraffinerien im US-Bundesstaat Illinois (Khanna et al. 2010) oder in der Jiangsu-Provinz in Ostchina (Shu et al. 2015) eingesetzt. Darauf aufbauend, haben wir die Potenziale der erneuerbaren Energieproduktion in Schleswig-Holstein, deren Nutzen auf Landkreisebene sowie regionale Nutzungsprobleme und -konflikte untersucht. Auf diese Weise wurden die Rahmenbedingungen ermittelt, unter denen sich die Erträge aus Windkraft und Bioenergie optimieren lassen, wenn zum Beispiel die technischen Grenzen der betreffenden Anlagen, planerische Limits (wie Mindestabstände zu Schutzgebieten) oder die begrenzte Verfügbarkeit von Kapital und Land berücksichtigt werden (Link und Scheffran 2017). Erste Modell-Simulationen auf Landesebene zeigen, dass erst bei sehr viel höheren Subventionen für Energiepflanzen als heute eine deutliche Verlagerung von Lebensmittel- zu Energiepflanzen stattfinden würde, da derzeit ausreichend landwirtschaftliche Nutzflächen vorhanden sind, um beiden Anbauzielen gerecht zu werden.

Komplementär zu Optimierungsmodellen für die zentrale Planung auf der Makroebene stehen räumliche agentenbasierte Modelle auf der Mikroebene, mit deren Hilfe sich Flächenkonkurrenzen zwischen Nahrungsmittel- und Energieproduktion vieler Akteure analysieren und im Kontext von Energiesicherheit, Klimawandel und Innovationen bei erneuerbaren Energien bewerten lassen. Dabei kommt eine räumliche Variante des agentenbasierten VCX-Modells für die Untersuchung von Energielandschaften zum Einsatz, das für die Modellierung von Landnutzungsänderungen im Kontext der Einführung von Energiepflanzen (Mais, Soja, mehrjährige Gräser) im US-Bundesstaat Illinois entwickelt wurde (Scheffran und BenDor 2009).

Die Grundannahme des Modells lautet: Individuelle Entscheidungen über die lokale Flächennutzung in geographischen Parzellen werden durch regelbasiertes Verhalten getroffen, das auf Basis individueller Prioritäten und Erwartungen eine Auswahl zwischen alternativen Anbaupfaden trifft. So entscheiden

beispielsweise Landwirte über den Anbau von Getreide und Energiepflanzen, um Gewinne in Abhängigkeit von Produktionsfaktoren, Kosten, Marktpreisen, Nachfrage und produzierten Erntemengen sowie politischen Maßnahmen wie Steuern und Subventionen zu erzielen.

Dieses Landnutzungsmodell wurde modifiziert, um zu untersuchen, wie der Bedarf an Bioenergie die Landnutzung in Schleswig-Holstein prägt und wie die Gemeinden bzw. die Energieproduzenten sich gegenseitig beeinflussen (Yang 2016). Konkret wurden 1117 Gemeinden als räumliche Entscheidungseinheiten genommen, in denen die Landwirte jährlich die Entscheidung treffen, wie sie ihre Flächen auf die vier Kulturpflanzen (Weizen, Mais, Zuckerrüben, Winterraps) für die Produktion von Nahrungsmitteln bzw. Biokraftstoffen verteilen, wobei auch die unterschiedliche Pflanzenproduktivität in den vier Landschaftstypen (Marsch, Vorgeest, Hohe Geest, Hügelland) eine Rolle spielt.

Zu den Datenquellen gehören geo-referenzierte Informationen über Schleswig-Holstein und historische Daten, die durch Geographische Informationssysteme (GIS) auf Karten dargestellt werden. Der Marktpreis für die vier Getreidesorten wird aufgrund lokal bestimmter Erntemengen und exogen vorgegebener Nachfragebedingungen bestimmt, woraus dann der potenzielle wirtschaftliche Gewinn der Landwirte, aufgeschlüsselt nach Gemeinden, abgeleitet wird. Diese Gewinnerwartungen bilden die Grundlage der Entscheidungen der Landwirte über Änderungen ihrer Flächennutzungsprioritäten, wobei die Anpassungsgeschwindigkeit durch Reaktionsstärken bestimmt wird. Daraus ergibt sich im folgenden Zeitschritt die jeweilige lokale Getreidemischung. Dieses Modell ist empirisch validiert und ermöglicht, die Landnutzungs konkurrenz für verschiedene Landschafts-, Pflanzen- und Nutzungstypen im Kontext politischer Entscheidungen zu analysieren.

## Simulation und Ergebnisse der Fallstudie

Das Modell wird mithilfe der frei zugänglichen Software Net-Logo (Wilensky 2015) simuliert, ausgehend von einer statistisch ermittelten Anfangssituation, um räumliche Verschiebungen der landwirtschaftlichen Anbaumuster im Zeitraum 2010 bis 2100 zu untersuchen (Yang 2016, vgl. Abb. 2). Gegenwärtig wird Weizen hauptsächlich in den westlichen Landesteilen und im östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins angebaut, Mais mehr in den zentralen Geestregionen und Raps oder Zuckerrüben überwiegend im östlichen Hügelland sowie in den südwestlichen Kreisen.

Ausgehend von der Flächenverteilung des Jahres 2010 und vorgegebenen Nachfragefunktionen der Getreidesorten für Nah-

	2010	2050	2100
Weizen (Nahrung)	35,8	49,0	65,0
Mais (Nahrung)	18,9	6,1	6,6
Rüben (Nahrung)	0,4	0,1	0,1
Raps (Nahrung)	10,3	12,4	2,1
<b>Summe Nahrung</b>	<b>65,4</b>	<b>67,6</b>	<b>73,8</b>
Weizen (Energie)	9,0	12,4	16,3
Mais (Energie)	14,6	8,2	7,7
Rüben (Energie)	1,5	0,6	0,3
Raps (Energie)	9,5	11,2	1,9
<b>Summe Energie</b>	<b>34,6</b>	<b>32,4</b>	<b>26,2</b>

Tab. 1: Veränderung der Anbauflächen (in Prozent der Gesamtfläche).

Quelle: Eigene Darstellung

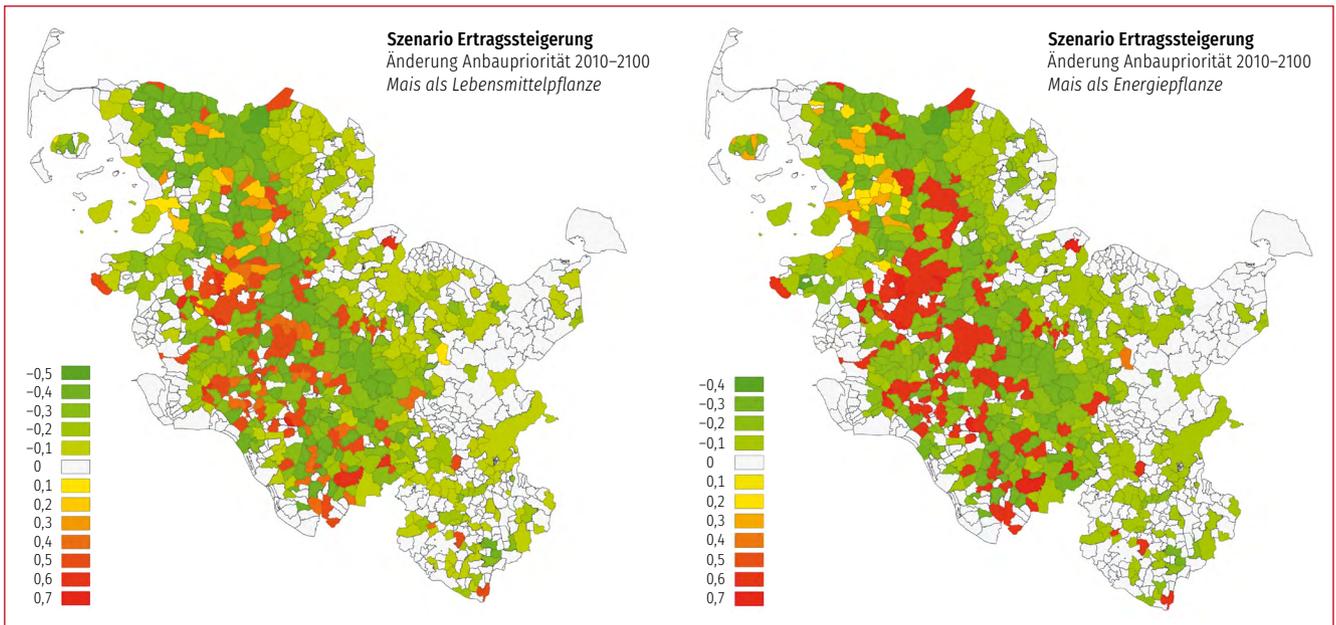
	absolut [in €]			prozentual [2010 = 100]	
	2010	2050	2100	2050	2100
<b>Weizen (Nahrung)</b>	134 €	190 €	120 €	41,8 %	-10,4 %
<b>Mais (Nahrung)</b>	157 €	745 €	830 €	374,5 %	428,7 %
<b>Rüben (Nahrung)</b>	366 €	1.091 €	1.164 €	198,1 %	218,0 %
<b>Raps (Nahrung)</b>	327 €	151 €	293 €	-53,8 %	-10,4 %
<b>Weizen (Energie)</b>	134 €	190 €	120 €	41,8 %	-10,4 %
<b>Mais (Energie)</b>	157 €	433 €	549 €	175,8 %	249,7 %
<b>Rüben (Energie)</b>	366 €	1.042 €	1.115 €	184,7 %	204,6 %
<b>Raps (Energie)</b>	327 €	151 €	293 €	-53,8 %	-10,4 %

Tab. 2: Veränderung der Preise (absolut in €/t und in Prozent gegenüber 2010).

Quelle: Eigene Darstellung

und Energie, werden verschiedene Szenarien simuliert (Basiszenario; Änderung der Reaktionsstärke; Ertragssteigerung; Erweiterung von Ackerland; Subventionen), die signifikante Unterschiede zeigen. Eine beispielhafte Simulation eines Szenarios linear wachsender Erträge zeigt, welche Änderungen dies bei den Anbauflächen und den Getreidepreisen zur Folge hat. Die Fläche für Nahrungsproduktion steigt von etwa zwei Drittel bis 2100 um mehr als 8 %, und die für Energiepflanzen sinkt. Der Anteil von Weizen nimmt deutlich zu (vor allem für Nahrung), während der für Mais abnimmt. Raps nimmt leicht ab, Zuckerrüben sinken von einem niedrigen Anfangswert (vgl. Tab. 1).

Bei den Preisen zeigen sich deutliche Veränderungen von 2010 bis 2100, ausgehend von gleichen Anfangspreisen für Nahrung und Energie (Yang 2016, vgl. Tab. 2). Sie steigen deutlich für Mais und Zuckerrüben, sinken aber moderat für Weizen und Raps, nachdem Mitte des Jahrhunderts ein Maximum bzw. Minimum erreicht wird. Bei gleichen Produktionskosten erfolgt keine Differenzierung der Preise für Nahrung und Energie. In den verschiedenen Szenarien reagieren die Marktpreise und



**Abb.2:** Veränderungen der Flächenprioritäten (prozentuale Änderungen/100) für den Anbau von Mais für Nahrung (links) oder Energie (rechts) in den Gemeinden Schleswig-Holsteins zwischen 2010 und 2100 (Yang 2016). Quelle: Eigene Darstellung

Flächenanteile sensibel auf die Nachfrage und die verfügbare Ackerfläche, die Flächenerträge und Produktionskosten, auf die Reaktionsstärke von Landwirten und auf Subventionen, die zu Preissenkungen bei Energiepflanzen wie Zuckerrüben führen.

Blickt man auf die räumliche Verteilung der Flächennutzungsprioritäten (zwischen 0 für keine und 1 für volle Nutzung der Fläche pro Zelle für eine Getreidesorte), so zeigen sich am Beispiel von Mais gegenüber dem Ausgangszustand Zuwächse der Priorität von Mais für Nahrung und Energie um teilweise 50% (+0,5) in der Hohen Geest (Abb. 2), während in den meisten anderen Landesteilen Abnahmen der Priorität um bis zu 50% (–0,5) zu beobachten sind. Entsprechende Verschiebungen gibt es auch bei anderen Getreidesorten, wobei es eine deutliche Verschiebung zum Weizen gibt, dem Getreide mit den geringsten Preisen.

Dieses Szenario und andere Szenarien, die hier nicht dargestellt werden können, belegen, dass die steigende Nachfrage bei gleicher Fläche die Konkurrenz und damit das Verhältnis zwischen den Getreidesorten verschärft, die für bestimmte Anbaugebiete unterschiedlich gut geeignet sind. Nachfrage und Preise wie auch lokale Erträge und Produktionskosten beeinflussen die Gewinnerwartungen und damit die Prioritäten der Landwirte für die Getreidesorten. Weniger ausgeprägt ist die Flächenkonkurrenz zwischen der Nutzung für Nahrung und Energie, bedingt durch die anteilige Nachfrage für beide. Entsprechend steigt sogar der Anteil der Nahrungspflanzen, insbesondere bei Weizen, der überwiegend für Nahrung verwendet wird. Die anderen Pflanzen haben hingegen trotz zeitweiliger und lokaler Zunahmen insgesamt Rückgänge zu verzeichnen – bei Mais und Rüben verbundenen mit steigenden Preisen.

### Limitationen und Erweiterungen des Modells

Das vorgestellte Landnutzungsmodell für Schleswig-Holstein dient als Prototyp, um den Einfluss bestimmter Faktoren auf die Flächenverteilung und Konkurrenzen zwischen Landnutzungsoptionen zu simulieren, insbesondere den Konflikt zwischen dem Anbau von Nahrungs- und Energiepflanzen. Mit diesem Instrument ist es möglich, die Entscheidungen einer großen Zahl von Landwirten in ihren Gemeinden über die Änderung der Flächenanteile in Raum und Zeit aufgrund von lokalen Anbaubedingungen, externen Nachfragefunktionen, Marktpreisen und anderen Faktoren zu simulieren.

Für das gewählte Modelldesign sind moderate Konfliktpotenziale erkennbar. Aufgrund der steigenden Nachfrage bei begrenzter Fläche nimmt der Entscheidungsdruck zwischen den Akteuren und Alternativen zu, wobei die Flächenkonkurrenzen über den Marktpreis geregelt werden. Da nur Landwirte dargestellt werden, spielen Akzeptanzprobleme der Bevölkerung und andere Konfliktpotenziale zunächst keine Rolle. Dennoch sind lokale Brennpunkte erkennbar, bedingt durch Monokulturen einer dominierenden Getreidesorte, das Verschwinden weniger profitabler Pflanzen (und darauf spezialisierter Landwirte), die Ausbreitung von Energiepflanzen und die mögliche Verdrängung geschützter Landflächen durch steigende Nachfrage. Solche Probleme und damit verbundene Konflikte können durch politische Eingriffe, die unerwünschte Nutzungen einschränken, bewältigt werden.

Die vorgestellten Simulationen beruhen auf Vereinfachungen und Begrenzungen, die in Zukunft modifiziert werden können,

um das Modell realistischer zu machen. Statt bei jeder Getreidesorte für Nahrung und Energie gleiche Preise und bestimmte Anteile an der Gesamtnachfrage anzunehmen, können Nahrungs- und Energiemärkte separat beschrieben werden. Neben der Gewinnung von geographischen Daten mit höherer Auflösung und Genauigkeit (z. B. von Satelliten) wäre die Berücksichtigung von Klimaszenarien wichtig, die das Pflanzenwachstum (z. B. von Zuckerrüben), den Wasserhaushalt und die Wechselwirkung mit Böden (etwa von sandigen und Marschböden) oder das Verhältnis von Küstengebieten und dem Landesinneren beeinflussen.

Naheliegender ist auch die Einbeziehung weiterer erneuerbarer Energiequellen wie Windturbinen und Solarzellen oder anderer Flächennutzungen (Verkehr, Industrie, Wohngebiete, Naturschutz). Bedeutsam ist schließlich die Berücksichtigung unterschiedlicher Akteurstypen mit heterogenen Entscheidungsregeln, Reaktionsstärken und verschiedenen Wertedimensionen (z. B. Umweltrisiken und Nachhaltigkeit). Einige dieser Faktoren wurden in anderen Arbeiten bereits berücksichtigt, so in einer Studie zur agentenbasierten Modellierung von Mehrkriterien-Entscheidungen in der Stromversorgung Ägyptens (Shaaban 2017). In einer Feldstudie zur Windenergie in der Gemeinde Reußenköge an der Nordseeküste wurde empirisch ein agentenbasiertes Modell mit verschiedenen Akteurstypen entwickelt, um die Akzeptanz einer partizipativen Energiewende zu untersuchen (Süsser 2016; Süsser und Kannen 2017).

## Schlussfolgerungen und Ausblick

Das vorgestellte agentenbasierte Modell ist ein Ansatz für die Untersuchung komplexer interdependenter Entscheidungsprozesse in räumlichen Kontexten. Es eignet sich für die Analyse wesentlicher Einflussfaktoren und Prozesse der Mensch-Umwelt-Interaktion in Energielandschaften, von Umwelt- und Klimabedingungen (wie Boden, Niederschläge, Wind- und Wasserverfügbarkeit) bis hin zu ökonomischen und demographischen Faktoren (Siedlungen, Produktionsanlagen, Transportsysteme). Für die Planung und politische Gestaltung von Transformationsprozessen bedeutsam ist, wie wertegesteuerte Handlungen von Akteuren die Landschaft verändern, wie diese Handlungen miteinander verbunden sind, wie sich diese Interaktion für verschiedene Szenarien verändert und wo Brennpunkte für Konflikte erneuerbarer Energien liegen. Diese unterscheiden sich von dem hohen Konfliktpotenzial fossiler und nuklearer Energieformen.

ABM ist damit als Instrument für eine Technikfolgenabschätzung im Energiesektor geeignet, die über technische, ökologische und ökonomische Aspekte der Nachhaltigkeit hinausgeht, indem sie die soziale Nachhaltigkeit von Interaktionen in den Blick nimmt und das Verständnis der Wirksamkeit politischer Einflussnahmen verbessert. Dies ist für den Erfolg der Energiewende wichtig, bei der es auch um die Akzeptanz der Bevölkerung und die Beteiligung von Akteuren geht. Solche Modelle zeigen, wie Werte und Ziele das Handeln beeinflussen (hier Gewinne von Landwirten) und welche Folgen der Wechsel zwischen Landnut-

zung und Energiepfaden hat (hier zwischen Getreidesorten und Nahrung/Energie). Damit kann ABM einen Beitrag leisten, Konflikte der Energiewende zu minimieren und kooperative Strukturen zu schaffen, die den geographischen und gesellschaftlichen Bedingungen in bestmöglicher Weise entsprechen. Ein Ziel für die Zukunft ist, daraus Anregungen für die politische Gestaltung und adaptive Governance-Konzepte zu gewinnen.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde teilweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) durch den Exzellenzcluster CliSAP gefördert.

## Literatur

- AEE – Agentur für erneuerbare Energien (2013): Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. Berlin: AEE e.V. 114 S. Online verfügbar unter <https://www.foederal-erneuerbar.de/potenzialatlas-bioenergie>, zuletzt geprüft am 1. 11. 2017.
- Arthur, W. Brian (1999): Complexity and the Economy. In: *Science* 284 (5411), S. 107–109.
- Bhattacharyya, Subhes C.; Timilsina, Govinda R. (2010): A Review of Energy System Models. In: *International Journal of Energy Sector Management* 4 (4), S. 494–518.
- Billari, Francesco; Fent, Thomas; Prskawetz, Alexia; Scheffran, Jürgen (Hg.) (2006): *Agent-Based Computational Modelling*. Heidelberg: Physica.
- Böhner, Jürgen; Dose, Astrid; Held, Hermann; Scheffran, Jürgen (Hg.) (2017): *Energielandschaften Norddeutschland*. Konferenz 2016. Energiewende im Raum. Hamburg: CEN – Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit und EEHH – Cluster Erneuerbare Energien Hamburg. Online verfügbar unter <https://www.cen.uni-hamburg.de/research/documents/konferenzbroschuere-energielandschaften-2016.pdf>, zuletzt geprüft am 25. 10. 2017.
- Deutscher Bundestag (2000): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes. In: *Bundesgesetzblatt* Nr. 13, S. 305–309.
- Deutscher Bundestag (2011): *Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*. 16. Ausschuss. Berlin: Deutscher Bundestag. Online verfügbar unter <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/063/1706361.pdf>, zuletzt geprüft am 25. 10. 2017.
- EU – Europäische Kommission (2015): *The Paris Protocol: A Blueprint for Tackling Global Climate Change Beyond 2020*. Brüssel: Europäische Kommission. Online verfügbar unter [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/international/paris\\_protocol/docs/com\\_2015\\_81\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/international/paris_protocol/docs/com_2015_81_en.pdf), zuletzt geprüft am 25. 10. 2017.
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2017): *Bioenergy in Germany: Facts and Figures 2016*. Gülzow-Prüzen: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. Online verfügbar unter [http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2017/03/Bioenergy\\_in\\_Germany\\_facts\\_and\\_figures\\_2016.pdf](http://www.biobasedeconomy.nl/wp-content/uploads/2017/03/Bioenergy_in_Germany_facts_and_figures_2016.pdf), zuletzt geprüft am 1. 11. 2017.
- IANUS – Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit (1996): *Energiekonflikte*. In: *Wissenschaft & Frieden* 22. Online verfügbar unter <http://www.wissenschaft-und-frieden.de/seite.php?dossierID=048>, zuletzt geprüft am 25. 10. 2017.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2011): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Genf: Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Khanna, Madhu; Scheffran, Jürgen; Zilberman, David (2010): Handbook of Bioenergy Economics and Policy. New York: Springer.

Link, P. Michael; Schlepner, Christine (2007): Agricultural Land Use Changes in Eiderstedt: Historic Developments and Future Plans. In: Coastline Reports 9, S. 197–206. Online verfügbar unter [http://databases.eucc-d.de/files/documents/00000296\\_Artikel18\\_Link\\_Schlepner.pdf](http://databases.eucc-d.de/files/documents/00000296_Artikel18_Link_Schlepner.pdf), zuletzt geprüft am 25.10.2017.

Link, P. Michael; Schlepner, Christine (2011): How Do Tourists Perceive and Accept Changes in Landscape Characteristics on the Eiderstedt Peninsula? In: Coastline Reports 17, S. 133–146. Online verfügbar unter <http://databases.eucc-d.de/plugins/documents/index.php?show=1100&listid=206056>, zuletzt geprüft am 25.10.2017.

Link, P. Michael; Scheffran, Jürgen (2017): Impacts of the German Energy Transition on Coastal Communities in Schleswig-Holstein, Germany. In: Regions Magazine 307 (1), S. 9–12.

Matthews, Robin; Gilbert, Nigel; Roach, Alan; Polhill, J. Gary; Gotts, Nick (2007): Agent-Based Land-Use Models: A Review of Applications. In: Landscape Ecology 22 (10), S. 1447–1459. DOI 10.1007/s10980-007-9135-1.

MELULR-SH – Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (Hg.) (2017): Erneuerbare Energien in Zahlen für Schleswig-Holstein. Kiel: Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein. Online verfügbar unter [http://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Energiewende/Daten/pdf/EE\\_Bilanz\\_2015.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](http://www.schleswig-holstein.de/DE/Schwerpunkte/Energiewende/Daten/pdf/EE_Bilanz_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=6), zuletzt geprüft am 25.10.2017.

Scheffran, Jürgen; Hannon, Bruce (2007): From Complex Conflicts to Stable Cooperation: Cases in Environment and Security. In: Complexity 13 (2), S. 78–91.

Scheffran, Jürgen (2008): Adaptive Management of Energy Transitions in Long-Term Climate Change. In: Computational Management Science 5 (3), S. 259–286.

Scheffran, Jürgen; BenDor, Todd (2009): Bioenergy and Land Use: A Spatial-Agent Dynamic Model of Energy Crop Production in Illinois. In: International Journal of Environment & Pollution 39 (1–2), S. 4–27.

Schlepner, Christine; Link, P. Michael (2008): Potential Impacts on Important Bird Habitats in Eiderstedt (Schleswig-Holstein) Caused by Agricultural Land Use Changes. In: Applied Geography, 28 (4), S. 237–247.

Shaaban, Mostafa (2017): The Roadmap to Energy Security in Egypt. Dissertation an der Universität Hamburg. Online verfügbar unter <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2017/8835>, zuletzt geprüft am 17.11.2017.

Shu, Kesheng; Schneider, Uwe; Scheffran, Jürgen (2015): Bioenergy and Food Supply: A Spatial-Agent Dynamic Model of Agricultural Land Use for Jiangsu Province in China. Energies 8 (11), S. 13 284–13 307. DOI: 10.3390/en8112369.

Süsser, Diana (2016): People-Powered Local Energy Transition: Mitigating Climate Change with Community-Based Renewable Energy in North Frisia. Dissertation, Universität Hamburg. Online verfügbar unter <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2016/8034/pdf/Dissertation.pdf>, zuletzt geprüft am 25.10.2017.

Süsser, Diana; Kannen, Andreas (2017): „Renewables? Yes, please!“. Perceptions and Assessment of Community Transition Induced by Renewable-Energy Projects in North Frisia. In: Sustainability Science 12 (4), S. 563–578.

Wilensky, Uri (2015): NetLogo. Evanston: Northwestern University. Online verfügbar unter <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>, zuletzt geprüft am 25.10.2017.

Yang, Jinxi (2016): Agent-Based Modeling of Pathways of Energy Landscapes in Northern Germany. M. A. Thesis, School of Integrated Climate System Sciences, Universität Hamburg.

Zoll, Ralf (Hg.) (2002): Energiekonflikte: Problemübersicht und empirische Analysen zur Akzeptanz von Windkraftanlagen. Berlin: LIT-Verlag.



**PROF. DR. JÜRGEN SCHEFFRAN**

ist Professor für Geographie an der Universität Hamburg und Leiter der Forschungsgruppe Klimawandel und Sicherheit im CLISAP Exzellenzcluster und Zentrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN).



**DR. P. MICHAEL LINK**

ist Postdoc in der Forschungsgruppe Klimawandel und Sicherheit (CLISEC) an der Universität Hamburg. Als Geograph erforscht er potenzielle soziale Konflikte beim Ausbau erneuerbarer Energien in Norddeutschland, insbesondere in den Küstenregionen Schleswig-Holsteins.



**DR. MOSTAFA SHAABAN**

ist Mitglied der Forschungsgruppe Klimawandel und Sicherheit an der Universität Hamburg. Im Oktober 2017 promovierte er dort am Institut für Geographie über Wege zur Energiesicherheit Ägyptens.



**DR. DIANA SÜSSER**

ist assoziierte Wissenschaftlerin an der Universität Hamburg und arbeitet derzeit als Projektmanagerin für Sustainable Business beim WWF. Sie promovierte am Helmholtz-Zentrum Geesthacht über die lokale Energiewende.



**JINXI YANG**

studierte Meteorologie und Integrated Climate System Science in Beijing und Hamburg. Derzeit arbeitet sie am Chinese National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation.

# Ex-ante Evaluation von Investitionsalternativen

Am Beispiel von Wissenstransfer-, Lern- und Innovationsprozessen

Matthias Müller, Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Innovationsökonomik, Wollgrasweg 23,  
70599 Stuttgart (m\_mueller@uni-hohenheim.de)

Muhamed Kudic, Universität Bremen, Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre, insbes. Innovations- und Strukturökonomik (kudic@uni-bremen.de)

Andreas Pyka, Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Innovationsökonomik (a.pyka@uni-hohenheim.de)

Dieser Artikel zeigt, wie mit Hilfe der Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation (ABMS) ein Beitrag zur ex-ante Policy-Beratung geleistet werden kann. Anhand eines exemplarischen Anwendungsfalls, der VISIBLE Simulationsumgebung („Virtual Simulation Lab for the Analysis of Investments in Learning and Education“), diskutieren wir die Konsequenzen unterschiedlicher Kooperationsförderinstrumente für Wissensdiffusionsprozesse in Netzwerken am Beispiel der Region Heilbronn-Franken. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die strukturelle Konfiguration eines regionalen Innovationssystems eine zentrale Bedeutung für die Gestaltung von Kooperationsfördermaßnahmen hat und dass Interventionen, die darauf abzielen, Wissenstransfer zwischen den Akteuren anzuregen, genau die entgegengesetzten Wirkungen entfalten können.

## *Ex-Ante Evaluation of Investments in Knowledge, Learning, and Innovation*

### *An Application Example*

*Knowledge diffusion in regional innovation systems is considered as a necessary prerequisite to spur innovation and the economic performance of the actors involved. Yet, the conditions under which actors exchange knowledge in an efficient way are still not fully understood. In this paper we apply an agent-based simulation approach designed for ex-ante policy evaluation. The simulation approach and the application example are based on the VISIBLE simulation environment (“Virtual Simulation Lab for the Analysis of Investments in Learning and Education”). We investigate how presumably positive interventions affect the diffusion performance within an empirical network. Our results indicate that policy interventions can even hamper the diffusion properties of some network structures.*

**KEYWORDS:** *innovation networks, knowledge diffusion and transfer, agent-based modeling and simulation, ex-ante policy evaluation*

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CCBY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
<https://doi.org/10.14512/tatup.26.3.51>  
Submitted: 11. 07. 2017. Peer reviewed. Accepted: 18. 09. 2017

## Einleitung

Sowohl in der Politik als auch in der Forschung herrscht heutzutage Konsens, dass Wissen, Lernen und Innovation als zentrale Erfolgsfaktoren von Unternehmen und ganzen Volkswirtschaften anzusehen sind. Umso erstaunlicher ist es, dass bis heute nur wenige gesicherte empirische Befunde existieren, die innovationspolitische Eingriffe in Wirtschaftssysteme mit defizitärem Wissenstransfer und Lernprozessen bzw. Strukturproblemen auf der Innovationssystemebene in Verbindung bringen.

Der vorliegende Beitrag veranschaulicht, wie unter Verwendung agentenbasierter Modellierung und Simulation (ABMS) eine ex-ante Evaluation von innovationspolitischen Interventionen in regionale Wirtschaftssysteme erfolgen kann. Die gewählte Herangehensweise erlaubt es, strukturelle Defizite auf systemischer Ebene aufzudecken und deutlich realistischere Anhaltspunkte für innovationspolitische Interventionen zu liefern als dies mit mikroökonomischen Standardmodellen möglich wäre.

Die nachstehenden Ausführungen basieren auf Arbeiten im Rahmen des Projektes VISIBLE (Virtual Simulation Lab for the Analysis of Investments in Learning and Education)<sup>1</sup>. Der Anstoß für die Entwicklung von VISIBLE war die Einsicht, dass politische Entscheidungsträger sich unentwegt mit komplexen und durch ein hohes Maß an Unsicherheit gekennzeichneten Entscheidungssituationen konfrontiert sehen. In der Praxis werden Entscheidungen zumeist auf Basis vergangenheitsbasierter Informationen, Erfahrungen sowie intuitiver Entscheidungsheuristiken getroffen. Wird jedoch in bestimmten Tätigkeitsfeldern Neuland betreten, so werden unterstützende Systeme erforderlich, die Informationen intelligent miteinander verbinden und die Hinweise auf die zu erwartenden komplexen Dynamiken liefern können.

1 [www.visible-projekt.de](http://www.visible-projekt.de)

## Theoretische Fundierung von Ansätzen zur ex-ante Policy-Evaluierung

Wissen, Lernen und Innovation sind die Kernpfeiler der Neo-Schumpeterianischen Theorie (Hanusch und Pyka 2007). Die Vertreter dieser Theorierichtung sind davon überzeugt, dass Innovationen die endogenen Triebkräfte des wirtschaftlichen Wandels sind. Ökonomische Akteure handeln begrenzt rational, verfolgen individuelle Strategien des Wissensstockaufbaus – beispielsweise durch organisationale Lernprozesse, inter-organisationale Wissensaustauschprozesse im Rahmen von Kooperationen und Netzwerken – und (re-)kombinieren unter Einsatz organisationaler Routinen und individueller Fähigkeiten alte sowie neue Wissensbestandteile, sodass neues Wissen bzw. Innovationen entstehen können. Kurzum, es wird ein enger Zusammenhang zwischen individuellem Akteursverhalten, Wissen, Innovation und wirtschaftlicher Entwicklung unterstellt.

Die theoretische und empirische Forschung der letzten Jahre zeigt, dass nicht alle Unternehmen in gleichem Maße in der Lage sind, Wissen zu nutzen. Bereits Anfang der 1990er-Jahre wurde das Konzept der absorptiven Kapazitäten (*absorptive capacity*) vorgestellt (Cohen und Levinthal 1990). Dahinter steht die Überlegung, dass Unternehmungen über bestimmte Fähigkeiten verfügen müssen, um relevantes Wissen wahrzunehmen, zu absorbieren und schließlich auch gewinnbringend anzuwenden, so beispielsweise in Form neuartiger und vermarktungsfähiger Produkte und Dienstleistungen. Entscheidend ist allerdings, dass eine solche Absorptionsfähigkeit nicht einfach vorausgesetzt werden kann, sondern im Zeitverlauf erworben wird. Dabei sind unter anderem auch die historischen Pfade wichtig, entlang derer sich das Unternehmen entwickelt hat. Da jedes Unternehmen eine einzigartige Historie aufweist, sind auch die Lernprozesse, die diese vollzogen haben, einzigartig. Nooteboom et al. (2007) weisen zudem auf die Bedeutung der kognitiven Distanz hin. Sind die Wissensbasen der betrachteten Unternehmen zu ähnlich, so wird kein

indirekt miteinander verbunden sind. Die Verbindungen dienen dem Austausch von Ideen, Informationen, Wissen und Expertise. Netzwerke sind eingebunden in eine breitere sozioökonomische Umgebung und haben eine strategische Dimension insofern, als dass die eingebundenen Akteure kooperieren, um bestehendes Wissen zu (re-)kombinieren, neues Wissen zu schaffen und schließlich neuartige Güter und Dienstleistungen zu generieren, die auf eine gewisse Marktnachfrage stoßen.

## ABMS als Modellierungsansatz zur Politikberatung

Konventionelle Methoden stoßen schnell an ihre Grenzen, wenn es darum geht, die Konsequenzen von Eingriffen in komplexe adaptive Systeme aufzudecken und zu analysieren. Daher gewinnt seit geraumer Zeit die Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation (ABMS) zunehmend an Bedeutung in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (Dawid 2006; Pyka und Fagiolo 2007; Mueller und Pyka 2017).

Übertragen auf die Analyse von Innovationsprozessen ermöglicht die Methodik der ABMS eine Herangehensweise, in der das individuelle Verhalten, Wissen der einzelnen Akteure (Haushalte, Konsumenten, Firmen, Forschungseinrichtungen, etc.) eines Wirtschaftssystems im Vordergrund stehen. Ökonomische Akteure können als Bündel von Wissensbestandteilen verstanden werden, die durch individuelle Wissensaustausch- und Lernstrategien ihren Wissensstock ausbauen, um so die notwendigen Voraussetzungen für die Realisierung innovativer Produkte und Dienstleistungen zu schaffen. Mit anderen Worten: Wissen kann explizit berücksichtigt werden und Innovationen stellen keinen exogenen Effekt dar. Stattdessen sind Innovationen sowohl Ergebnis als auch Grundlage für Entscheidungen der Akteure in einem komplexen und dynamischen Innovationssystem (Wooldridge und Jennings 1995).

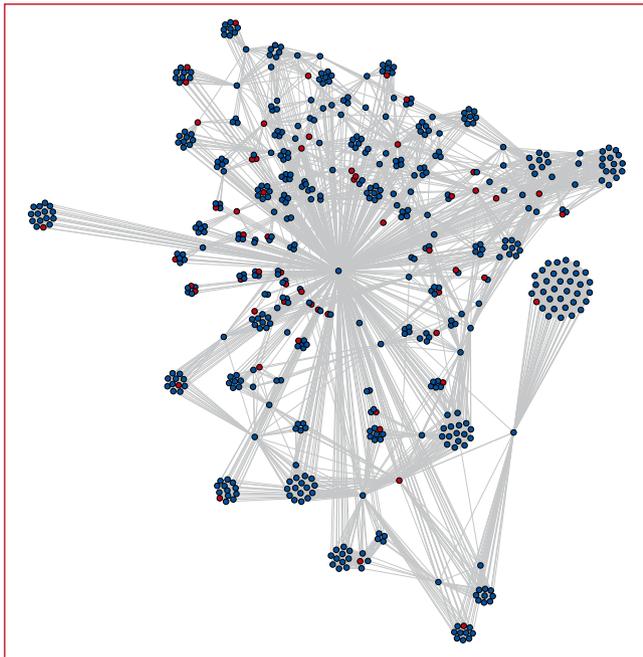
## *Zu komplexe Modelle können leicht zu bedeutungslosen Konstrukten verkommen.*

Wissensaustausch stattfinden, da es kaum Komplementaritäten gibt. Sind die Wissensbasen zu unterschiedlich, wird ebenfalls kein Wissensaustausch zustande kommen, da die Akteure keinen gemeinsamen Nenner finden. Folglich herrschen lediglich in jenen Unternehmen, die sich zwischen diesen beiden Extremen bewegen, die notwendigen Voraussetzungen, um unternehmensübergreifende Wissenstransferprozesse zu initiieren.

Wir konzentrieren uns nachstehend auf Innovationsnetzwerke. Bezugnehmend auf Cantner und Graf (2011) sowie Brenner et al. (2011) definiert Kudic (2015) Innovationsnetzwerke wie folgt: Innovationsnetzwerke bestehen aus einer wohldefinierten Anzahl ökonomischer Akteure, die entweder direkt oder

Durch die stetig steigende Leistungsfähigkeit computergestützter Simulationen können immer komplexere Modelle implementiert und analysiert werden, sodass ABMS auch für politische Entscheidungssituationen zunehmend an Bedeutung gewinnen. In diesem Zusammenhang erfreut sich insbesondere die sogenannte „ex-ante Evaluation innovationspolitischer Interventionen in regionale Innovationssysteme“ eines großen Interesses. ABMS-Ansätze erlauben es, eine sehr große Anzahl an heterogenen Agenten zu modellieren, deren Verhalten auf verschiedene Weise voneinander abhängt. Wirtschaftspolitische Eingriffe können in einer möglichst realitätsnahen virtuellen Umgebung simuliert werden, bevor sie in der Realität zum Einsatz kommen.





**Abb.2:** Möglicher Wissenszuwachs einer Firma für verschiedene  $\Delta_{max}$ .  
 Knoten in Rot: Firmen der Region; Knoten in Blau: Firmen außerhalb der Region;  
 visualisiert mit Gephi 0.9.1. Quelle: Eigene Darstellung

Wissensdiffusionsmodul des VISIBLE Projektes dagegen zielt darauf ab, die Diffusionsprozesse innerhalb formeller Netzwerke zu untersuchen.

Theoretische und konzeptionelle Vorarbeiten zur Absorptionsfähigkeit von Firmen zeigen, dass die Fähigkeit zur Identifikation und Nutzbarmachung von Wissen von zentraler Bedeutung für deren Innovationserfolg ist (Cohen und Levinthal 1990). Dementsprechend zielen Akteure in unserem Modell in erster Linie darauf ab, komplementäre Wissensbestände zu erkennen, um anschließend über Wissensaustauschprozesse ihren Wissensstock zu erweitern. Während der Initialisierung der Simulation wird jede Firma  $I \in \{1, \dots, N\}$  eines Netzwerkes mit einem Wissensvektor  $v_i = (v_{i,c})$  bestehend aus  $c \in \{1, \dots, K\}$  Kategorien ausgestattet. Die miteinander verbundenen Firmen tauschen im Verlauf der Simulation solange ihr Wissen aus, bis keine Firma mehr von ihren Partnern lernen kann. Die Fähigkeit zweier Akteure, Wissen auszutauschen, hängt nicht nur von der individuellen Absorptionsfähigkeit ab, sondern auch von der jeweiligen kognitiven Distanz der Akteure, d. h. dem Unterschied zwischen den Wissensniveaus der Firmen. Aufbauend auf den Arbeiten von z. B. Nooteboom et al. (2007) nehmen wir dementsprechend an, dass Firmen nur voneinander lernen können (d. h. die Fähigkeit, Wissen anderer Firmen in den eigenen Wissensstock aufzunehmen und zu integrieren), wenn der Unterschied der Wissensniveaus einer Wissenskategorie weder *zu groß* noch *zu klein* ist.

In jedem Simulationsschritt  $t = 1, \dots, T$  tauschen die Firmen ihr Wissen mit im Netzwerk direkt verbundenen Firmen aus. Für zwei Firmen  $i, j \in \{1, \dots, N\}$  mit  $i \neq j$  gilt, dass Firma  $j$  in al-

len Wissenskategorien von Firma  $i$  Wissen bekommen könnte, in denen Firma  $i$  höheres Wissen aufweist als Firma  $j$  und vice versa. Dies bedeutet allerdings nicht, dass Firma  $j$  das Wissen der anderen Firmen auch aufnehmen kann. Wenn der Unterschied zwischen den Wissensniveaus der Firmen ( $|(v_{i,c} - v_{j,c})|$ ) größer als die maximale kognitive Distanz  $\Delta_{max}$  ist, nehmen wir an, dass Firma  $j$  das Wissen von Firma  $i$  nicht integrieren kann. Für den Fall, dass der Unterschied kleiner  $\Delta_{max}$  ist (wenn gilt  $|(v_{i,c} - v_{j,c})| \leq \Delta_{max}$ ), nehmen wir weiter an, dass die Fähigkeit, neues Wissen in den eigenen Wissensstock zu integrieren, einen umgekehrt u-förmigen Verlauf annimmt (vgl. Abb. 2). Für den Wissenszuwachs in Periode  $t = 1$  einer Firma  $j$  gilt:

$$c_{j,t=1} = \left( 1 - \frac{|(v_{i,c,t=0} - v_{j,c,t=0})|}{\Delta_{max}} \right) \cdot \frac{|(v_{i,c,t=0} - v_{j,c,t=0})|}{\Delta_{max}}$$

### Ausgewählte Simulationsergebnisse

Ein Blick auf die gängige Förderpraxis auf Bundesebene (BMBF 2017) sowie auf die europäischer Ebene (EU 2017) zeigt, dass sich die finanzielle Förderung von Forschungs- und Entwicklungsverbänden über die letzten Jahrzehnte zu einem wichtigen Förderinstrument entwickelt hat. Dabei werden Vorhaben mehrerer, zu einem Verbund zusammengeschlossener Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft für eine begrenzte Zeit gefördert, wobei bis heute weitestgehend unklar ist, welchen Einfluss die strukturellen Eigenschaften dieser Verbände (d. h. Größe, Heterogenität der Akteure, Projektdauer etc.) auf das Gesamtsystem haben, in dem sie eingebunden sind. Auch regionalen Entscheidungsträgern steht dieses Förderinstrument zur Verfügung, um die Kooperationsintensität ausgewählter Akteure zu stimulieren. So stellt sich die Frage, wie passgenaue Kooperationsförderinstrumente zu gestalten sind.

Um die Möglichkeiten des Simulationsmodells zu verdeutlichen, analysieren wir im folgenden Experiment mögliche Konsequenzen einer politischen Intervention in ein bestehendes Kooperationsnetzwerk der Firmen in der Region Heilbronn-Franken (Abb. 3). Die verwendeten Daten stammen aus dem VISIBLE Projekt und speisen sich aus mehreren Primär- und Sekundärdatenerhebungen (BMBF 2017; EU 2017; VISIBLE 2016). Das hier betrachtete Netzwerk stellt die größten zusammenhängenden Komponenten der Firmen in der Region dar und besteht aus 558 Firmen, die über 3554 Kanten miteinander verbunden sind, wobei lediglich 58 Firmen innerhalb der Region Heilbronn-Franken lokalisiert sind. Sobald Firmen in mindestens einem EU- oder BMBF-Verbundvorhaben als Verbundpartner in Erscheinung treten, wird eine Kooperationsbeziehung unterstellt. Als Bezugsjahr wurde das Jahr 2013 gewählt.

Die folgende Szenarioanalyse zielt darauf ab, die Effekte zu analysieren, welche bei verschiedenen Interventionen zur Kooperationsförderung innerhalb eines Netzwerkes entstehen können. Die verwendeten Parametereinstellungen sind Tabelle 1 zu entnehmen. Abbildung 4 zeigt den durchschnittlichen Wissensstand der Firmen im Modell über 300 Simulationsschritte für verschiedene Szenarien. Um mögliche Zufallseffekte zu vermei-

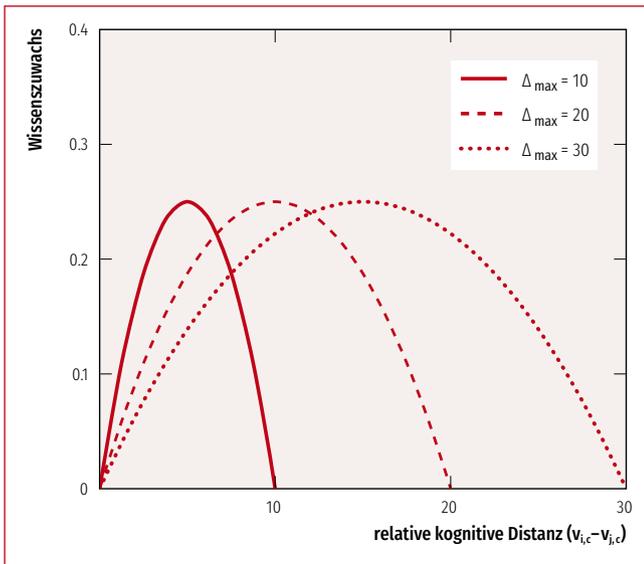


Abb. 3: Empirisches Netzwerk der Region Heilbronn-Franken, 2013. Quelle: Eigene Darstellung

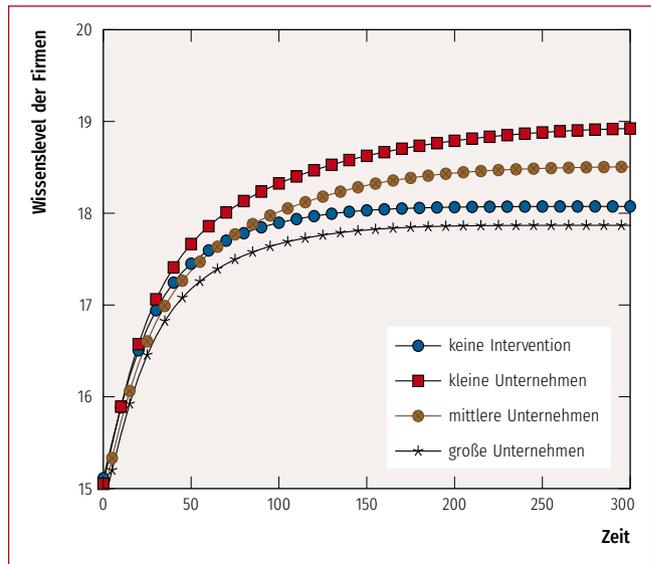


Abb. 4: Wissenslevel der Firmen für verschiedene Interventionen. Quelle: Eigene Darstellung

den, sind die präsentierten Ergebnisse die ermittelten Durchschnittsverläufe über je 500 Simulationsläufe mit identischen Einstellungen.

Das erste Szenario „keine Intervention“ beinhaltet das empirische Netzwerk ohne eine Intervention und dient somit als Referenzszenario. Für die anderen drei Szenarien wurden während der Initialisierung der Simulation gezielt 100 neue Verknüpfungen zwischen den Firmen generiert, wobei je nach Szenario zwischen einer bestimmten Gruppe von Firmen Verbindungen eingefügt wurden.

So wurden für das Szenario „kleine Unternehmen“ zunächst die 10% mit der geringsten Anzahl an Verbindungen identifiziert und anschließend die neuen Verbindungen zwischen dieser Gruppe Firmen eingefügt. Für das Szenario „große Unternehmen“ wurden wiederum Verbindungen zwischen den 10% Firmen mit der höchsten Anzahl an bestehenden Verbindungen gewählt. Im Szenario „mittlere Unternehmen“ wurden die Firmen ausgewählt, welche weder zu den „kleinen“ noch zu den „großen“ Firmen zählen. Kurzum, die hier eingeführte und nachstehend verwendete Größendifferenzierung stellt auf die Eingebundenheit der Akteure, gemessen anhand der Anzahl direkter Verbindungen, ab.

Abbildung 4 zeigt, dass zum Ende der Simulation ( $t = 300$ ) insbesondere die auf kleine abzielende Interventionen sich als positiv gegenüber dem Referenzszenario erweist. Die Ergebnisse deuten auf einen interessanten Effekt hin. Zunächst einmal gilt festzuhalten, dass die Netzwerkstruktur einen großen Einfluss auf die Wissensdiffusionsprozesse innerhalb des Gesamtsystems hat. Obwohl bei allen drei Interventionen die gleiche Anzahl an Verbindungen neu geschaffen wurde, zeigen die Ergebnisse, dass ein erheblicher Unterschied zwischen den jeweiligen Eingriffen existiert. Des Weiteren ist ersichtlich, dass sich im Zeitablauf die Ergebnisse verschieben und dass es sogar

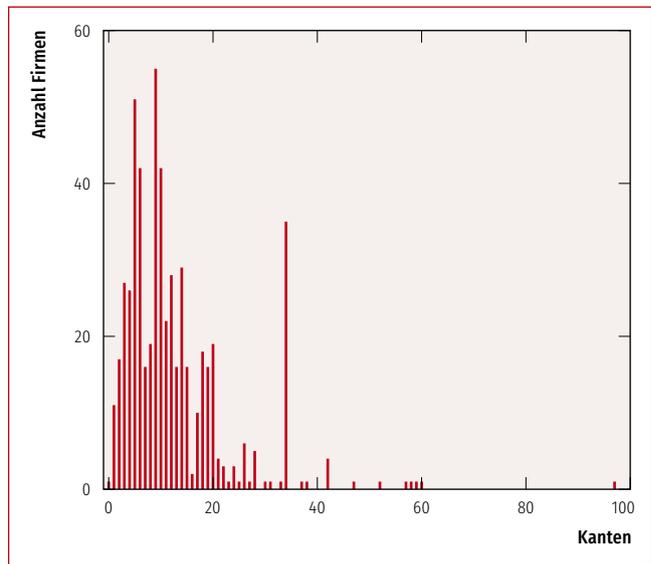


Abb. 5: Kantenverteilung des empirischen Netzwerkes. Quelle: Eigene Darstellung

Parameterbeschreibung	Ausprägung
Größe des Wissensvektors $c$	10
Wissenslevel zu Beginn der Simulation	Gleichverteilt $\{0 < x < 30\}$
Maximale kognitive Distanz $\Delta_{max}$	7

Tab. 1: Parametereinstellungen der Simulation. Quelle: Eigene Darstellung

Interventionen gibt, die dem eigentlichen Ziel des Eingriffs entgegenstehen und die Diffusionseigenschaften des Systems negativ beeinflussen können.

Die Begründung für dieses Ergebnis liegt in einer Netzwerkeigenschaft, deren Bedeutung in der Literatur oft vernachlässigt wird: die sogenannte *degree distribution* des empirischen Netzwerkes. In Abbildung 5 ist die Verteilung der Kanten auf die Firmen im Netzwerk dargestellt.

Abbildung 5 zeigt uns, dass sehr wenige Firmen über sehr viele Verbindungen verfügen und gleichzeitig sehr viele Firmen eine geringe Anzahl an Verbindungen haben. Gut verbundene Firmen können allerdings sehr schnell einen hohen Wissensstock aufbauen, während weniger gut verbundene Firmen

verwendet werden können. Ihre Stärke liegt vielmehr, wie im Anwendungsbeispiel demonstriert, in der Identifikation unerwarteter Effekte und Systemdynamiken, die mit einfachen linearen Modellen nicht zu erkennen sind.

Zusätzliche Erklärungspotenziale von ABMS sind durch eine zielgerichtete Erhebung, Aufbereitung und Nutzung empirischer Daten zu erwarten. Neben der explorativen Datenverwendung, die in erster Linie dazu dient, strukturelle Besonderheiten einer Region zu quantifizieren, sehen wir in der instrumentellen Nutzung von Daten einen besonderen Mehrwert. Derzeit werden empirische Daten in erster Linie dazu genutzt, die Startbedingungen agentenbasierter Simulationen möglichst realitätsnah zu initialisieren. Inwiefern es in den kommenden Jahren zu einer

## *Um Wissensdiffusionsprozesse in Netzwerken zu fördern, ist eine differenzierte Förderstrategie notwendig.*

im Wettbewerb um neues Wissen zurückbleiben. Dieser Unterschied führt dazu, dass die Firmen im Netzwerk nicht mehr voneinander lernen und der Diffusionsprozess abbricht.

Interventionen wie die oben genannten beeinflussen eben diese Eigenschaft des Netzwerkes und können somit den Unterschied zwischen gut verbundenen Firmen und weniger verbundenen Firmen verstärken (wie im Szenario „große Firmen“), aber auch verkleinern. Das Simulationsmodell zeigt uns also einen interessanten Effekt, welcher bei der Gestaltung wirtschaftspolitischer Eingriffe berücksichtigt werden muss.

### Fazit und Ausblick

Das Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, eine mögliche Anwendung neuer simulationsbasierter Unterstützungssysteme für die Praxis der wirtschaftspolitischen Entscheidungsfindung aufzuzeigen. Das verwendete Diffusionsmodell zeigt, dass bereits recht einfache und relativ abstrakte Modelle einen Beitrag zu einer ex-ante Evaluation von innovationspolitischen Interventionen in regionale Wirtschaftssysteme leisten können. Das verwendete Modell stellt ohne Frage eine starke Vereinfachung der Realität dar. Dennoch konnte mit diesem Ansatz und unter Verwendung ausgewählter empirischer Daten gezeigt werden, dass eine differenzierte Förderstrategie notwendig ist, um Wissensdiffusionsprozesse in Netzwerken zu fördern. Mit anderen Worten, ein One-fits-all-Förderansatz, der regionalspezifische Systemeigenschaften vernachlässigt, kann unter bestimmten Umständen sogar zu negativen Ergebnissen führen. Ein für sich genommen bemerkenswertes Ergebnis, das bis heute in der wirtschaftspolitischen Praxis kaum Berücksichtigung findet.

Gleichzeitig muss betont werden, dass ABMS nicht zur punktgenauen Vorhersage und exakten Quantifizierung wirtschaftspolitischer Interventionen in komplexe adaptive Systeme

weiteren Integration der Daten- und Simulationsebene kommen wird, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vollständig absehbar. Klar ist jedoch, dass die aktuell beobachtbaren Forschungserfolge in den Bereichen Big Data und Textmining bereits in naher Zukunft interessante Möglichkeiten der ex-ante Policy-Beratung eröffnen werden.

### Danksagung

Wir bedanken uns bei der *Dieter Schwarz Stiftung* für die finanzielle Förderung des Projektes *VISIBLE*. Zudem danken wir den Gutachtern für konstruktive und hilfreiche Kommentare.

### Literatur

- Axtell, Robert L.; Epstein, Joshua M. (1994): Agent-Based Modeling: Understanding Our Creations. In: *The Bulletin of the Santa Fe Institute* 9 (2), S. 28–32. Online verfügbar unter [http://samo.santafe.edu/media/bulletin\\_pdf/Winter1994Bulletin.pdf](http://samo.santafe.edu/media/bulletin_pdf/Winter1994Bulletin.pdf), zuletzt geprüft am 24. 10. 2017.
- Brenner, Thomas; Cantner, Uwe; Graf, Holger (2011): Innovation Networks: Measurement, Performance and Regional Dimensions. In: *Industry & Innovation* 18 (1), S. 1–5.
- Cantner, Uwe; Graf, Holger (2011): Innovation Networks: Formation, Performance and Dynamics. In: Cristiano Antonelli (Hg.): *Handbook on the Economic Complexity of Technological Change*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, S. 366–394.
- Cohen, Wesley M.; Levinthal, Daniel A. (1990): Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. In: *Administrative Science Quarterly*, 35 (1), S. 128–152.
- Cowan, Robin; Jonard, Nicolas (2004): Network Structure and the Diffusion of Knowledge. In: *Journal of Economic Dynamics and Control* 28 (8), S. 1557–1575.
- Dawid, Herbert (2006): Agent-Based Models of Innovation and Technological Change. In: Leigh Tesfatsion und Kenneth Judd (Hg.): *Handbook of Computational Economics II: Agent-Based Computational Economics*. Amsterdam: North-Holland, S. 1235–1272.

Gilbert, Nigel; Pyka, Andreas; Ahrweiler, Petra (2001): Innovation Networks: A Simulation Approach. In: Journal of Artificial Societies and Social Simulation 4 (3), S. 1–14. Online verfügbar unter <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/18/4/5.html>, zuletzt geprüft am 24. 10. 2017.

Hanusch, Horst; Pyka, Andreas (2007): Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Kudic, Muhamed (2015): Innovation Networks in the German Laser Industry: Evolutionary Change, Strategic Positioning, and Firm Innovativeness. Heidelberg: Springer.

Mueller, Matthias; Bogner, Kristina; Buchmann, Tobias; Kudic, Muhamed (2017): The Effect of Structural Disparities on Knowledge Diffusion in Networks: An Agent-Based Simulation Model. In: Journal of Economic Interaction and Coordination 12 (3), S. 613–634.

Mueller, Matthias; Pyka, Andreas (2017): Economic Behaviour and Agent-Based Modelling. In: Roger Frantz, Shu-Heng Chen, Kurt Dopfer, Floris Heukelom und Shabnam Mousavi (Hg.): Routledge Handbook of Behavioral Economics. Abingdon: Routledge, S. 405–415.

Nooteboom, Bart; van Haverbeke, Wim; Duysters, Geert; Gilsing, Victor; van den Oord, Ad (2007): Optimal Cognitive Distance and Absorptive Capacity. In: Research Policy 36 (7), S. 1016–1034.

Pyka, Andreas; Fagiolo, Giorgio (2007): Agent-Based Modelling: A Methodology for Neo-Schumpeterian Economics. In: Horst Hanusch und Andreas Pyka (Hg.): The Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, S. 467–492.

Starfield, Anthony M. (1990): Qualitative, Rule-Based Modeling. In: Bioscience 40 (8), S. 601–604.

Wooldridge, Michael; Jennings, Nicholas R. (1995): Intelligent Agents: Theory and Practice. In: The Knowledge Engineering Review 10 (2), S. 115–152.

### Forschungsdaten

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Förderkatalog. Online verfügbar unter <http://www.foerderportal.bund.de/foekat>, zuletzt geprüft am 01. 06. 2017.

EU – Europäische Kommission (2017): CORDIS. Forschungs- & Entwicklungsinformationsdienst der Gemeinschaft. Online verfügbar unter <http://www.cordis.europa.eu>, zuletzt geprüft am 01. 06. 2017.



### DR. MATTHIAS MÜLLER

arbeitet seit 2010 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Hohenheim. Zuvor studierte er Wirtschaftswissenschaft an der Universität Bremen. 2016 schloss er erfolgreich seine Promotion an der Universität Hohenheim ab.



### DR. MUHAMED KUDIC

promovierte 2012 an der Universität Hohenheim. Von 2013 bis 2016 war er wissenschaftlicher Referent und Projektleiter beim Stifterverband für die deutsche Wissenschaft. Seit 2017 bekleidet er eine Postdocstelle an der Universität Bremen.



### PROF. DR. ANDREAS PYKA

arbeitet seit Sommer 2009 am Fachgebiet für Innovationsökonomik der Universität Hohenheim. Nach der Promotion an der Universität Augsburg verbrachte er zwei Jahre als Postdoc am Institut Nationale de la Recherche Agronomique in Grenoble, habilitierte sich 2004 und erhielt 2006 einen Ruf an die Universität Bremen.

**Nachhaltigkeit**

**A-Z**

**Wege zur großen Transformation**

Herausforderungen für eine nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung

## H wie Handlungsmöglichkeiten

In Zeiten von Klimawandel, Digitalisierung und Urbanisierung stehen Städte und Regionen weltweit vor großen Herausforderungen. Wie kann vor diesem Hintergrund eine nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung aussehen? Welche Chancen und Potenziale bieten Städte und Regionen für die geforderte »große Transformation«? Junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus verschiedenen Disziplinen beleuchten mögliche Wege und Ansatzpunkte.

J. Knieling

### Wege zur großen Transformation

Herausforderungen für eine nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung

240 Seiten, broschiert, mit zahlreichen Abbildungen, 24,95 Euro, ISBN 978-3-96006-026-0

Erhältlich im Buchhandel oder versandkostenfrei innerhalb Deutschlands bestellbar unter [www.oekom.de](http://www.oekom.de)

Die guten Seiten der Zukunft



# Neutrale Akzeptanz- erhebungen?

## Einflussmöglichkeiten der Forschung am Beispiel von Windenergieanlagen

Christian Diller, Institut für Geographie, Justus-Liebig-Universität Gießen, Senckenbergstraße 1, 35590 Gießen (christian.diller@geogr.uni-giessen.de)

Manuel Gardt, Institut für Geographie, Justus-Liebig-Universität Gießen (Manuel.Gardt@geogr.uni-giessen.de)

Marie-Louise Litmeyer, Institut für Geographie, Justus-Liebig-Universität Gießen (Marie.L.Litmeyer@math.uni-giessen.de)

58

Der Ausbau von Windenergieanlagen schreitet in Deutschland voran. In diesem Beitrag geht es um die Möglichkeiten, wie die Forschung in Untersuchungen zur Frage der Akzeptanz von Windenergie methodisch Einfluss nimmt. Resultate einer eigenen Untersuchung deuten auf eine gewisse Robustheit der Antworten von Touristen gegenüber moderaten methodischen Variationen der Fragebogengestaltung hin. Gleichwohl zeigen andere Beispiele die grundsätzlichen methodischen Einflussmöglichkeiten der Akzeptanzforschung bei diesem Thema.

### Unbiased Acceptance Surveys?

*How Research Can Influence the Acceptance of Wind Energy*

*The expansion of wind parks in Germany proceeds. This article describes how research can methodologically influence surveys on the acceptance of wind energy. Results from our survey in the German Vogelsberg region indicate a certain robustness of the answers of tourists regarding moderate methodical variations in questionnaire design. Nevertheless, other examples demonstrate the general methodological influence of acceptance research on this topic.*

**KEYWORDS:** wind energy, acceptance, wind turbines, tourism, survey methods

## Einleitung

Zum Thema der Akzeptanz von Windenergieanlagen (WEA) liegen deutschlandweite, lokale/regionale, internationale und international vergleichende Studien vor, die hier nicht im Einzelnen dargestellt werden können (z. B. TNS Emnid 2014; Liebe et al. 2017; Garcia et al. 2016). In der Zusammenschau deuten

die Befunde auf erhebliche Variationen in der Akzeptanz von WEA vor Ort hin. Diese erklären sich durch verschiedene Faktoren: Wenn WEA als traditionell regionstypisch empfunden werden, ist die Akzeptanz höher. Gleichzeitig werden aber Akzeptanzgrenzen schneller erreicht, wenn der Ausbau der Windenergie räumlich zu massiert (Scherhauer et al. 2017) oder zu schnell voranschreitet. Akzeptanz ist aber nicht nur abhängig von der objektivierbaren Störung, sondern auch von den (mehr oder minder beeinflussbaren) Voreinstellungen der Akteure, die sich aus deren sozioökonomischen Kontexten ergeben (Betskova et al. 2016). Entscheidend für die Akzeptanz ist zudem, inwieweit die Bevölkerung vor Ort von Windkraftanlagen entweder durch entsprechende Finanzierungsmodelle profitiert oder umgekehrt eventuell ökonomische Einbußen erleiden muss, z. B. weil Touristen ausbleiben, die sich durch Windkraftanlagen gestört fühlen könnten. Maßgeblich für die Akzeptanz ist außerdem, wie intensiv die Bevölkerung bei den Planungsprozessen beteiligt wird (Heinrichs 2013; Diller et al. 2012, S. 56 f.; Bohmann 2016). Wer ausreichend in den Planungsprozess eingebunden wurde oder sogar von den Anlagen profitiert, akzeptiert auch deren direkte räumliche Nähe eher (Reusswig et al. 2016).

Bislang kaum thematisiert ist die Frage nach dem möglichen Einfluss der Forschung auf die Forschungsergebnisse zur Akzeptanz der Windenergie, der vor allem durch die Methodenkonzeption bedingt ist. Die Akzeptanzforschung entstammt meist auch einem politischen Bedarf, der aus konkreten Akzeptanzproblemen resultiert, sie dient damit nicht nur dem besseren Verständnis des Gegenstandes, sondern häufig auch dazu, seine Akzeptanz in der Gesellschaft zu erhöhen (Schäfer und Keppler 2013, S. 9). Wenn die Akzeptanzforschung anerkannt sein will, muss sie sich auch kritischen Thesen stellen, z. B. der Instrumentalisierungsthese, wonach die Wissenschaft der Akzeptanzbeschaffung diene; der Erpressungshypothese, wonach mit Umfrageergebnissen jeder Trend belegt werden könne; und der Enteignungsthese, wonach wissenschaftliche Ergebnisse in der Interpretation ihrem Kontext entrissen und damit fehlinter-

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CCBY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
<https://doi.org/10.14512/tatup.26.3.58>  
Submitted: 27.03.2017. Peer reviewed. Accepted: 16.10.2017

pretiert werden könnten (Bechmann 1988, S. 28 ff.). Auch die Akzeptanzforschung zur Windenergie versucht, in weiten Teilen einen Beitrag zum Abbau von Transformationsblockaden im Energiesystem zu leisten (Hellige 2013). Sie wird damit bisweilen dem Vorwurf der Instrumentalisierungsthese ausgesetzt. Dass die Wissenschaft Position zur Frage regenerativer Energien bezieht, ist nicht grundsätzlich zu verurteilen. Die Frage ist jedoch, wie sie dies tut und inwieweit sie dabei wissenschaftlich-methodische Standards verletzt. Diesem Aspekt wird am Beispiel der Akzeptanz von WEA durch Touristen nachgegangen.

### Grundsätzliche methodische Einflussmöglichkeiten der Forschung

Bei einer raumbezogenen Fragestellung spielt der räumliche Befragungskontext meist eine wichtige Rolle für das Antwortverhalten: Befragungen, die direkt an massiert konzentrierten WEA durchgeführt werden, kommen zu anderen Ergebnissen als solche, bei denen die WEA für die Befragten während der Befragungssituation lediglich am Horizont oder überhaupt nicht sichtbar sind (vgl. die Ergebnisse der unten vorgestellten Studie aus dem Vogelsbergkreis). Gleiches gilt für ausführlichere Illustrationen, wie sie zum Teil Online-Befragungen bebildern. Wenn nur Touristen vor Ort befragt werden, so bleiben von vornherein jene Touristen außerhalb des Fokus, die die Region aufgrund der WEA gar nicht mehr aufsuchen.

Eine der wichtigsten Möglichkeiten der Forschung, die Ergebnisse zur Akzeptanz von WEA zu beeinflussen, ist die Fragestellung (vgl. Tab. 1). In Befragungen von Touristen werden zwar andere Fragen gestellt als bei Bewohnern, jedoch liegt die Vermutung nahe, dass auch hier Detailunterschiede in den Fragen Auswirkungen auf die Antworten haben.

Tabelle 1 zeigt, dass mit den unterschiedlichen Items unterschiedliche Einstellungsobjekte adressiert werden: „Zustim-

mung zur Windenergie“ misst etwas Anderes als „Zustimmung zum weiteren Ausbau der Windenergie“. In der Regel wurde das Thema mit mehreren der o. g. Fragen angegangen, die ein differenziertes Akzeptanzbild ergaben; die Fragestellungen wurden in den Berichten stets explizit genannt. Folgende Einflussmöglichkeiten der Fragestellung sind denkbar:

- Die Aussage „Ich befürworte die Windenergie“ wird z. B. positiver beantwortet als die Aussage „Ich befürworte den weiteren Ausbau von Windenergieanlagen“. Wenn nach zusätzlichen Anlagen gefragt wird, sind die Bedenken deutlich höher als gegenüber bestehenden Anlagen oder gegenüber Windenergie an sich.

*Durch die Fragestellung lassen sich Ergebnisse beeinflussen.*

- Wenn Besuchern konkrete Regionen mit möglichen Störungen genannt werden, fällt die Akzeptanz der WEA für die meisten Regionen höher aus als wenn unspezifisch nach „Urlaubsort“ gefragt wird.
- Wenn die Frage der Akzeptanz kleinteilig auf kritische Standorte konkretisiert wird (z. B. „in der Nachbarschaft“ oder für Touristen „an Wanderwegen und in der Nähe der Unterkunft“, oder „im Wald“ (vgl. z. B. Weiß 2015), steigt die Ablehnungsrate.
- Wenn der Störungsgrad von WEA im Kontext anderer störender Objekte (z. B. Strommasten, Atom- oder Kohlekraftwerke, Fabrik-Schornsteine) oder sonstiger Faktoren (z. B. fehlende Gastfreundschaft der Urlaubsregion) abgefragt wird, erscheint zumindest die Ablehnung der WEA in der Interpretation der Befunde geringer.

Zustimmung zur Windenergie [in %]	Fragestellung	Untersuchung
85	„Sagen Sie mir bitte für jede Energieart (u. a. Windenergie), ob diese Ihrer Meinung nach ganz überwiegend Vorteile, eher Vorteile, eher Nachteile oder ganz überwiegend Nachteile hat.“	TNS Infratest 2015
71	„In den nächsten 30 Jahren sollte die Energieversorgung in Deutschland vor allem sichern:“ (Nennungen von Energieträgern, u. a. Windenergie)	FORSA 2005
60	„Wären Sie damit einverstanden, wenn in Ihrer Umgebung oder Region weitere Windenergieanlagen ausgebaut würden?“	FORSA 2004
61–59	„Zur Stromerzeugung in der Nachbarschaft finde ich (Windenergie) gut bzw. sehr gut“	TNS/Infratest 2012; TNS/Emnid 2014/15
56	„Zur Energieerzeugung in der Nachbarschaft finde ich (Windenergie) gut bzw. sehr gut“	FORSA 2009

**Tab. 1:** Ausgewählte bundesweite Repräsentativuntersuchungen (mit Ausnahme TNS Infratest 2015, hier nur Rheinland-Pfalz) zur Akzeptanz von Windenergie: Unterschiedliche Fragestellungen – unterschiedlicher Anteil der Antworten „sehr gut/gut“, „ganz überwiegend/überwiegend“, „stark/sehr stark“, „sehr wichtig/wichtig“.

Quelle: Eigene Zusammenstellung

- Wenn die Frage der Akzeptanz in Bezug zu einer konkreten Handlung gestellt wird, die mit der Ablehnung verbunden wäre (z. B. einen Urlaubsort nicht mehr zu besuchen), fallen Ablehnungsraten geringer aus.

Eine andere potenzielle Beeinflussungsmöglichkeit – sei sie beabsichtigt oder unbeabsichtigt – als die Formulierung der Fragestellung ist der mit dem Fragebogen geschaffene Befragungskontext. Jede Frage wird im Bezugsrahmen zu direkt vorher liegenden Fragen (Ausstrahlungseffekt) gesehen bzw. es werden auch Gruppen von Fragen immer in Bezug zu vorherigen Gruppen von Fragen gesetzt (Platzierungseffekt). In der Regel sind diese Effekte in der Sozialforschung unerwünscht und es wird versucht, diese auszuschalten oder zumindest zu kontrollieren (Kromrey 2006, S. 385 f.; Scheuch 1973, S. 91; Schnell et al. 1995, S. 321). Dieses methodische Problem des Ausstrahlungs- und Platzierungseffekts ist auch Gegenstand der folgenden Ausführungen. Dazu werden die Ergebnisse einer eigenen Untersuchung für den hessischen Landkreis Vogelsberg dargestellt, in der die Akzeptanz von WEA durch Touristen ermittelt wurde.

### Ausstrahlungs- und Platzierungseffekte in einer Akzeptanzbefragung im hessischen Vogelsbergkreis

Der Vogelsbergkreis liegt in der östlichen Mitte des Bundeslandes Hessen (Diller et al. 2012, S. 53). Der Vogelsberg stand aufgrund seiner Windhöflichkeit und relativ geringen Siedlungsdichte zumindest anfänglich im Fokus der Überlegungen für neue Windenergiestandorte in Hessen. Mittlerweile haben sich aufgrund von Naturschutzbelangen die Suchräume für WEA deutlich eingeschränkt. Neben dem Naturschutz wurde in den Debatten vor allem der Tourismus als ein Argument gegen den Ausbau der Windenergie vorgebracht.

Die nachfolgend vorgestellte Befragung wurde zwischen dem 30. 5. 2014 und 29. 6. 2014 von Studierenden der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt und im Rahmen von zwei Bachelor-Arbeiten mitkonzipiert (Fischer 2013) und ausgewertet (Litmeyer 2015).

Die Stichprobenziehung erfolgte als Zufallsauswahl vor Ort. Es wurden an drei markanten Standorten des Vogelsbergs Passanten per Zufallsauswahl befragt. Insgesamt wurden 1.040 Besucher interviewt. Inwieweit dieser Wert repräsentativ ist, kann nicht eingeschätzt werden, da keine Angaben vorliegen, wie viele Besucher pro Jahr die Befragungsstandorte frequentieren. Die Befragtenzahl erscheint jedoch hoch genug, um ein angemessenes Bild zu liefern. Vom wichtigsten Befragungsstandort, dem 764 Meter hohe Hoherodskopf, sind in der Fernsicht einzelne Windanlagen erkennbar.

Den Besuchern wurden Fragebögen aus drei verschiedenen Gruppen mit z. T. unterschiedlichen Frageanordnungen vorgelegt. Ziel war es, herauszufinden, inwieweit die durch unter-

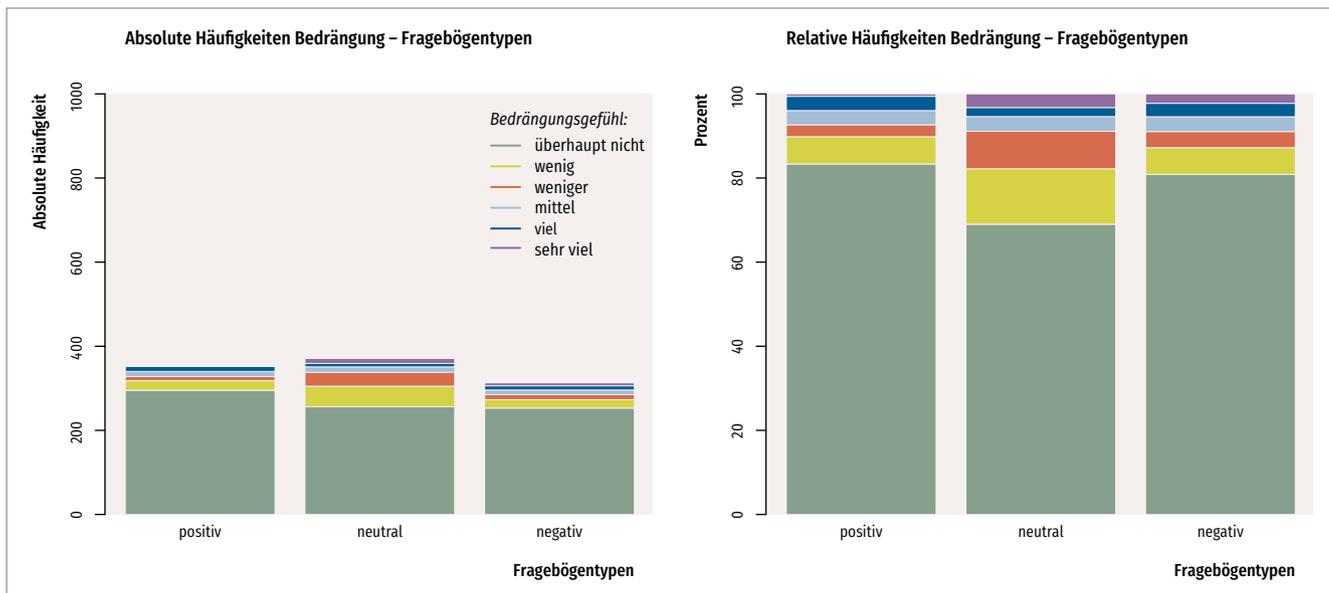
schiedliche Fragen konstruierten Kontexte sich auf das Antwortverhalten der Besucher auswirken. Nach einem ersten gemeinsamen Frageblock wurde ein weiterer Frageblock formuliert, innerhalb dessen die Fragen nach drei Typen variiert wurden. Der Fragebogentyp „Positiv zur Windenergie“ enthält zusätzlich am Beginn des Blocks vier Fragen, die zu einer befürwortenden Auseinandersetzung mit der Windenergieproblematik im Kontext der allgemeinen Energiedebatte führen sollen, z. B.: „Inwieweit haben Sie das Gefühl, nach der Atomkatastrophe in Fukushima im Jahr 2011, durch die Medien mehr über Windenergie informiert worden zu sein?“. Der Fragebogentyp „Negativ zur Windenergie“ spricht eher die Aspekte fehlender Informationen und Bürgerproteste gegen Windenergie an, z. B.: „Kennen Sie eine oder mehrere von den Bürgerinitiativen, welche sich hier im Vogelsberg gegründet haben, um sich gegen den Ausbau der WEA zu wehren?“. Der Fragebogentyp „Neutral“ enthielt diese zusätzlichen Fragen nicht.

Vereinfacht gesagt geben die in Tabelle 2 dargestellten Werte die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Hypothese „Es liegt ein Zusammenhang zwischen den beiden Merkmalen vor“ an – in diesem Fall also ein Zusammenhang zwischen Fragebogentyp und Antworten. Wenn dieser nicht höher als 0,05 ist, gilt der Zu-

Fragestellung	$\chi^2$ -Test
Bewertung Landschaft	0,547
Allgemeiner Informationsstand	0,209
Informationen durch Medien zum Thema Windkraft nach Fukushima	0,508
Sinnhaftigkeit von Windkraftanlagen	0,246
Akzeptanz eines weiteren Ausbaues von Windenergienutzung	0,065
Störpotenzial von Windkraftanlagen	0,283
Bedrängung durch Windkraftanlagen	<b>0,000</b>
Meidung des Vogelsberges bei Ausbau von Windenergienutzung	0,110
Windenergieanlagen beeinflussen Urlaubsplanung	0,695
Einbettung von Windrädern ins Landschaftsbild	0,136
Angebot an Informationsveranstaltungen	0,320
Info zum Ausbau der Windenergienutzungen im VB	<b>0,001</b>
Kenntnis über Bürgerinitiativen	0,912
Wunsch nach mehr Bürgerbeteiligung	0,089
Erneuter Besuch im VB	0,985
Erneuter Besuch beeinflusst durch Windkraftanlagen	0,981
Konzentration von Windkraftanlagen	0,144
Windkraftanlagen in der Heimat	<b>0,013</b>
Windkraftanlagen am Wohnort	0,292

Tab.2: Befragung von Touristen zur Akzeptanz von Windenergie im Vogelsberg 2014, Zusammenhang zwischen Fragebogentypen und Antworten.

Quelle: Litmeyer 2015, S. 36



**Abb. 1:** Befragung von Touristen zur Akzeptanz von Windenergie im Vogelsberg 2014, Zusammenhang zwischen Fragebogentypen und der Antwort auf die Frage „Inwieweit fühlen Sie sich durch die WEA hier im Vogelsberg in irgendeiner Art und Weise bedrängt?“.

Quelle: Litmeyer 2015, S. 35

sammenhang als signifikant. Der Test zeigt lediglich zwischen drei Fragestellungen und den Fragebogentypen einen signifikanten Zusammenhang (in Tab. 2 hervorgehoben).

Abbildung 1 zeigt exemplarisch den stärksten der aufgelisteten Zusammenhänge, nämlich zwischen dem Fragebogentyp und der Antwort auf die Frage „Inwieweit fühlen Sie sich durch die WEA hier im Vogelsberg in irgendeiner Art und Weise bedrängt?“.

Abbildung 1 veranschaulicht außerdem, dass die Zusammenhänge zwar signifikant sind, aber in der Richtung nicht eindeutig. Am stärksten durch WEA bedrängt fühlte sich überraschenderweise nicht die Gruppe, die die Fragebögen „Negativ zur Windenergie“ ausgefüllt hatte, sondern die Gruppe, die den neutralen Fragebogen beantwortet hatte.

Die in Abschnitt 3 ausführlicher diskutierte Frage, ob Windanlagen ein Grund seien, die Region nicht mehr zu besuchen, wurde von den Besuchern ähnlich beantwortet wie in anderen Befragungen in Mittelgebirgen (z. B. für die Eifel IfR 2012): 5,2% der Befragten antworteten auf die Frage „Inwieweit wäre der weitere Ausbau von WEA hier im Vogelsberg für Sie ein Grund, nicht wieder hierher zu kommen?“ mit den beiden höchsten Zustimmungskategorien auf der sechsstufigen Skala von „überhaupt nicht“ bis „sehr“. Hierbei gab es keine signifikanten Abweichungen zwischen den drei Fragebogentypengruppen.

Insgesamt wurde durch die Befragung bestätigt, dass WEA für Touristen, die im Befragungszeitraum in dem Gebiet Urlaub machten, mindestens beim jetzigen Ausbaustand keinen wesentlichen Störfaktor in der Vogelsbergregion darstellen. Das Antwortverhalten scheint gegenüber den hier angesetzten Variationen in der Fragestellung und Fragenplatzierung und den damit aufgebauten Assoziationsfeldern relativ robust zu sein.

Allerdings weist diese wie auch andere Vor-Ort-Befragungen zu diesem Thema zwei wesentliche Schwächen auf: Vor allem werden durch derlei Vor-Ort-Befragungen nicht die Touristen befragt, die durch WEA bereits abgeschreckt wurden. Eine Alternative zur Befragung vor Ort wäre nur eine Haushaltsbefragung. Regionsspezifische Aussagen können jedoch durch solche Befragungen nur mit sehr hohem Aufwand gewonnen werden.

## Fazit und Forschungsbedarf

Die obige Auswertung der bundesweiten Untersuchungen zur Akzeptanz von Windenergie in Deutschland ergab zwar Hinweise auf direkte Manipulationen durch Frageformulierung und Frageplatzierung. Dennoch wurde die eingangs formulierte Instrumentalisierungsthese in dieser Arbeit weiterverfolgt, denn es ging uns um die Beantwortung der Frage, wie Wissenschaft zur Akzeptanzgewinnung eingesetzt werden kann und was dies für ihre Methoden bedeutet. Dies wurde anhand der gezielten Variation von Fragen und deren Platzierung im Fragebogen bei einer Akzeptanzstudie im Vogelsbergkreis untersucht. Das dargestellte Experiment deutet darauf hin, dass die Einstellungen von Befragten zum Thema Windenergie in diesem Fall eine gewisse Robustheit aufweisen und daher auch gegenüber moderaten Manipulationsmöglichkeiten (durch Formulierung und Platzierung der Fragen) resilient sind.

Die eigene Untersuchung machte allerdings im Rückblick die Fallstricke deutlich, denen auch eine selbstkritische Akzeptanzforschung ausgesetzt ist. Die Untersuchung war als experimenteller Ansatz konzipiert worden, um zu zeigen, inwieweit Frage-

formulierung und -platzierung einen Effekt auf die Antworten zur Akzeptanz der Windenergie haben könnten. Das Ergebnis war, dass zumindest bei dem gewählten Variationsgrad der Fragen ein solcher Effekt nicht nachweisbar ist. In der öffentlichen schriftlich und mündlich geäußerten Kritik an der Untersuchung seitens einzelner Bürger wurde aber gar nicht die Fragebogengestaltung moniert, sondern das Vorgehen bei der Erhebung. Der Vorwurf, dass eine Passantenerhebung von Touristen jene nicht erfassen kann, die die Region wegen der Windkraftanlagen gar nicht erst besuchen, ist in der Sache durchaus berechtigt.

Obwohl als selbstkritischer Ansatz der Akzeptanzforschung konzipiert, war die Untersuchung in der Öffentlichkeit (so weit sie sich dazu äußerte) also dennoch mit dem Vorwurf der Akzeptanzbeschaffung behaftet. Dieser fast schon als para-

## *Die kritische Selbstbetrachtung ist ein ergiebiges Forschungsthema für die Akzeptanzforschung.*

dox zu bezeichnende Verlauf zeigt die Fülle auch unerwarteter Angriffspunkte, denen die Akzeptanzforschung ausgesetzt ist. Sie wird, je nach ihren Ergebnissen, für einige Kritiker immer der Instrumentalisierungshypothese ausgesetzt bleiben. Positiv gewendet drückt dies aber auch aus, dass die kritische Selbstbetrachtung ein ergiebiges Forschungsthema für die Akzeptanzforschung darstellt. Diese Selbstreflexion umfasst Fragen der institutionellen Einbindung von Forschungseinrichtungen in das System der Energiewende, Fragen der Generierung und des Kontextes von Untersuchungen, der methodischen Durchführung von Untersuchungen und des Transfers ihrer Ergebnisse.

Mit der Untersuchung von variierten Fragen und ihrer Platzierung im Fragebogen wurde in diesem Beitrag nur ein kleiner Teil der methodischen Einflussmöglichkeiten der Forschung auf Befragungsergebnisse näher betrachtet. In diesem Fall waren Effekte marginal. In weiteren Untersuchungen könnte die Vermutung überprüft werden, wonach stärkere Variationen der Fragen zu stärkeren Variationen der Antworten führen. Die Fragenvariationen könnten im Zusammenhang mit Kontrollvariablen wie räumlicher Situation, Zeitpunkt und Befragtenstruktur genauer betrachtet werden. Ebenso könnte der Einfluss der unmittelbaren Befragungssituation untersucht werden. Auch die mögliche Beeinflussung von Forschungsergebnissen durch die mediale Berichterstattung wäre ein Analyseansatz. Die im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten Literaturanalysen gaben z. B. Hinweise darauf, dass bereits Pressemitteilungen gegenüber den ausführlichen Forschungsarbeiten zwangsläufig selektiv sind. Wie groß diese Abweichungen sind, wäre ebenfalls ein interessanter Forschungsgegenstand. Derartige Untersuchungen wären zunächst aus methodischer Hinsicht interessant, im Hinblick auf die Einordnung anderer Untersuchungen auch aus einer politischen Perspektive.

### Literatur

- Bechmann, Gotthard (1988): Wie viel Akzeptanz braucht die Politik? Fragestellungen und Perspektiven der Akzeptanzforschung. Barsinghausen: Institut für Ökologische Zukunftsperspektiven.
- Betakova, Vendula; Vojar, Jiri; Sklenicka, Petr (2016): How Education Orientation Affects Attitudes Toward Wind Energy and Wind Farms: Implications for the Planning Process. In: *Energy, Sustainability and Society* 6 (31), S. 1–10. DOI 10.1186/s13705-016-0096-6.
- Bohmann, Veronika (2016): Einfluss der Projektierung auf die Akzeptanz von Windenergie. Eine qualitative Untersuchung bei Windkraftprojektierern. Saarbrücken: AK Akademieverlag.
- Diller, Christian; Gardt, Manuel; Kohl, Martin (2012): Planung im Zeitdruck. Gebiete für die Windenergienutzung in Hessen. In: *RaumPlanung* 163 (4), S. 53–57.
- Fischer, Kerstin (2013): Auswirkungen von Windenergieanlagen auf den Tourismus im Landkreis Vogelsberg. Konstruktion eines standardisierten Fragebogens. BSc-Thesis am Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- FORSA – Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen (2004): Meinungen zur Windenergie. Berlin: FORSA – Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH.
- FORSA (2005): Meinungen zu erneuerbaren Energien. Berlin: FORSA – Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH.
- FORSA (2009): Umfrage zum Thema „Erneuerbare Energien“. Einzelauswertung Bundesländer. Berlin: FORSA – Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH.
- Garcia, Jorge H.; Todd L. Cherry; Kallbekken, Steffen; Torvanger, Asbjörn (2016): Willingness to Accept Local Wind Energy Development: Does the Compensation Mechanism Matter? In: *Energy Policy* 99, S. 165–173.
- Heinrichs, Harald (2013): Dezentral und partizipativ? Möglichkeiten und Grenzen von Bürgerbeteiligung zur Umsetzung der Energiewende. In: Jörg Radtke und Bettina Hennig (Hg.): *Die deutsche „Energiewende“ nach Fukushima. Der wissenschaftliche Diskurs zwischen Atomausstieg und Wachstumsdebatte.* Marburg: Metropolis-Verlag, S. 119–138.
- Hellige, Hans Dieter (2013): Transformationen und Transformationsblockaden im deutschen Energiesystem. Eine strukturgenetische Betrachtung der Energiewende. In: Jörg Radtke und Bettina Hennig (Hg.): *Die deutsche „Energiewende“ nach Fukushima. Der wissenschaftliche Diskurs zwischen Atomausstieg und Wachstumsdebatte.* Marburg: Metropolis-Verlag, S. 37–76.
- IfR – Institut für Regionalmanagement (2012): Besucherbefragung zur Akzeptanz von Windenergieanlagen in der Eifel. Solms: Institut für Regionalmanagement GbR.
- Kromrey, Helmut (2006): *Empirische Sozialforschung.* Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Liebe, Ulf; Bartczak, Anna; Meyerhoff, Jürgen (2017): A Turbine is Not Only a Turbine: The Role of Social Context and Fairness Characteristics for the Local Acceptance of Wind Power. In: *Energy-Policy* 107, S. 300–308.

- Litmeyer, Marie-Louise (2015): Windenergienutzung und Tourismusentwicklung im ländlichen Raum. Auswertung einer quantitativen Besucherbefragung im Vogelsbergkreis. BSc-Thesis am Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Reusswig, Fritz; Braun, Florian; Heger, Ines; Ludewig, Thomas; Eichenauer, Eva; Lass, Wiebke (2016): Against the Wind: Local Opposition to the German Energiewende. In: Utilities Policy 41, S.214–227.
- Schäfer, Martina; Keppler, Dorothee (2013): Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung. Überblick und Reflexion am Beispiel eines Forschungsprojekts zur Implementierung innovativer technischer Energieeffizienz-Maßnahmen. Berlin: Zentrum Technik und Gesellschaft.
- Scherhauer, Patrick; Höltinger, Stefan; Salac, Boris; Schauppenlehner, Thomas; Schmidt, Johannes (2017): Patterns of Acceptance and Non-acceptance within Energy Landscapes: A Case Study on Wind Energy Expansion in Austria. In: Energy-Policy 109, S.863–870. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.057>.
- Scheuch, Erwin K. (1973): Entwicklungsrichtungen bei der Analyse sozialwissenschaftlicher Daten. In: René König (Hg.): Handbuch der empirischen Sozialforschung, Band 1. Stuttgart: Enke, S.161–237.
- Schnell, Rainer; Hill, Paul B.; Esser, Elke (1995): Methoden der empirischen Sozialforschung. München: Oldenbourg.
- TNS Emnid (2014): Umfrage zu erneuerbaren Energien im Auftrag der Agentur für erneuerbare Energien. Bielefeld: TNS Emnid GmbH & Co. KG.
- Weiß, David (2015): Windkraft im Wald. Befragung zu Einstellungen, Wahrnehmungen und Akzeptanz. Saarbrücken: AV Akademikerverlag.



#### PROF. DR. CHRISTIAN DILLER

ist Inhaber der Professur für Raumplanung und Stadtgeographie an der Justus-Liebig-Universität Gießen.



#### MANUEL GARDT

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Raumplanung und Stadtgeographie an der Justus-Liebig-Universität Gießen und promoviert derzeit zum Thema Windenergie und Raumplanung.

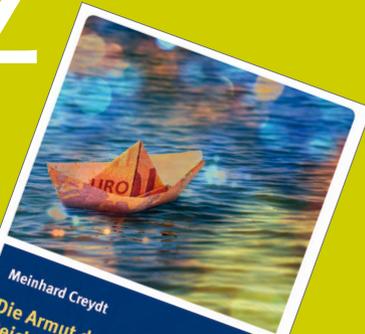


#### MARIE-LOUISE LITMEYER

hat ihre BSc-Thesis zum Thema Akzeptanz von Windenergieanlage am Institut für Geographie der Justus-Liebig-Universität Gießen vorgelegt und studiert dort derzeit im Masterstudiengang Wirtschaftsgeographie und Raumentwicklungs-politik.

## Nachhaltigkeit

# A-Z



## G wie »Gutes Leben«

Meinhard Creydt's Analyse der gegenwärtigen Gesellschaft nimmt nicht nur an einzelnen Problemen innerhalb der modernen kapitalistischen Marktwirtschaft Anstoß, sondern begreift diese selbst als Problem. Das Buch gibt neue Impulse für zentrale Fragen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Seine These ist: Ohne eine grundlegende Veränderung unseres Verständnisses vom »guten Leben« kann es keine gesellschaftliche Umgestaltung und nachhaltige Zukunft geben.

M. Creydt

**Die Armut des kapitalistischen Reichtums und das gute Leben**  
Ökonomie, Lebensweise und Nachhaltigkeit

212 Seiten, broschiert, 19,- Euro, ISBN 978-3-96238-004-5

Erhältlich im Buchhandel oder versandkostenfrei innerhalb Deutschlands bestellbar unter [www.oekom.de](http://www.oekom.de)

Die guten Seiten der Zukunft



# Grüne Gentechnik und Genome Editing

## Erfordernisse einer Neuausrichtung der Wissenschaftskommunikation

**Steffen Albrecht**, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Neue Schönhauser Straße 10,  
10178 Berlin (albrecht@tab-beim-bundestag.de)

**Julia Diekämper**, Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht, Berlin-Brandenburgische  
Akademie der Wissenschaften (BBAW) (diekaemper@bbaw.de)

**Lilian Marx-Stölting**, Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht, Berlin-Brandenburgische  
Akademie der Wissenschaften (BBAW) (marx-stoelting@bbaw.de)

**Arnold Sauter**, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) (sauter@tab-beim-bundestag.de)

64

Genome Editing gilt als Technologiesprung in der Gentechnologie. Die potenzielle Reichweite der Verfahren und die damit verbundenen Chancen und Risiken geben Impulse für eine neue Runde in der Debatte über Gentechnologien, die vor allem im Bereich der Grünen Gentechnik bislang durch Lagerdenken und einen Mangel an Zwischenpositionen gekennzeichnet ist. Um in Zukunft sachgerechter und unter Einbeziehung unterschiedlicher gesellschaftlicher Interessen über Optionen der weiteren Entwicklung der neuen Technologien diskutieren zu können, werden in diesem Beitrag Anforderungen an eine Neuausrichtung der Wissenschaftskommunikation umrissen.

**„Green“ Genetic Engineering and Genome Editing**  
*Towards a Reorientation of Science Communication*

*Genome editing is viewed as a breakthrough in genetic engineering. The potential scope of the procedures and the associated risks and opportunities give impetus to a new round in the public debate on genetic engineering, a debate that is characterized by profound opposition and the absence of intermediate positions, particularly in the field of agriculture. This article sketches some elements of science communication that are deemed necessary to discuss options for the further development of new technologies in a more appropriate manner and by taking into account different societal interests.*

**KEYWORDS:** genetic engineering, science communication, genome editing, public discourse

## Genome Editing: neue Runde in der Wissenschaftskommunikation zur Gentechnik

Genome Editing gilt als Technologiesprung in der Gentechnologie. Die neuen Verfahren werden als Möglichkeit gehandelt, schneller und gezielter in das Erbgut von Pflanzen, Tieren und auch Menschen einzugreifen, als es mithilfe bisheriger gentechnischer Methoden möglich war. Dadurch sind mittlerweile Forschungsdesigns und Anwendungsmöglichkeiten in greifbare Nähe gerückt, die früher praktisch nicht realisierbar waren. In der Forschung ist die Zahl der Anwendungen insbesondere des CRISPR/Cas9-Systems enorm gestiegen. Die Auszeichnung als *Breakthrough of the Year* durch das Magazin Science im Jahr 2015 macht die potenzielle Reichweite dieser Entwicklung deutlich.

In Anbetracht der weitreichenden Möglichkeiten der neuen Methoden sowie der mit ihnen verbundenen potenziellen Risiken riefen WissenschaftlerInnen unterschiedlicher Disziplinen von Anfang an zu einer gesellschaftlichen Auseinandersetzung über Möglichkeiten und Grenzen, aber auch über Förderung bzw. Regulierung des Genome Editing auf (z. B. Baltimore et al. 2015; Lanphier et al. 2015; Reich et al. 2015; Dorn 2016; NASEM 2015, 2017 a; Bonas et al. 2017). Solche Aufrufe erfolgten in den letzten Jahren regelmäßig im Zusammenhang mit neuen Technologien, nachdem technologische Risiken und Krisenereignisse das Bewusstsein dafür gestärkt hatten, dass wissenschaftliche Forschung und Technologieentwicklung nicht nur Probleme lösen, sondern im gleichen Zuge auch gesellschaftsweite Risiken schaffen können (Jasanoff 2003). Zunehmend wurde argumentiert, dass Entscheidungen über Fragen der Förderung und Regulierung von Forschung und Technologie der Legitimation durch eine gesellschaftliche Debatte bedürfen (Europäische Kommission 2009; Felt et al. 2013). Allerdings bleibt

bei entsprechenden Aufrufen häufig (so auch im Fall des Genome Editing) unklar, welche Ziele mit einer öffentlichen Debatte im Einzelnen verfolgt werden und in welcher Form und durch wen sie angeregt und umfassend geführt werden soll.

Klar ist hingegen, dass der Wissenschaftskommunikation, verstanden als Schnittstelle zwischen wissenschaftlichen Akteuren und Institutionen einerseits und sonstigen gesellschaftlichen Akteuren andererseits, eine besondere Rolle zugeschrieben wird. Sie soll gemäß der Definition von Burns et al. (2003) mithilfe geeigneter Fähigkeiten, Medien und Aktivitäten das Bewusstsein und Interesse für Wissenschaft stärken, Freude an und Verständnis für Wissenschaft erzeugen sowie zur Meinungsbildung in wissenschaftsbezogenen Fragen beitragen. Ihre zunehmende Bedeutung wird am entsprechenden Engagement wissenschaftlicher Institutionen und Förderorganisationen deutlich, aber auch am vermehrten Interesse an ihr als Reflexions- und Forschungsgegenstand (siehe z. B. TATuP-Schwerpunkte 3/2005 und 1/2016 sowie Kähler 2017; NASEM 2017b; Bonfadelli et al. 2017; Weitze und Heckl 2016).

Doch wie kann die Wissenschaftskommunikation dazu beitragen, zwischen unterschiedlichen Zielstellungen, Sichtweisen, Wertvorstellungen und Interessen in Bezug auf Wissenschaft und Technologie zu vermitteln und einen konstruktiven und ergebnisoffenen Diskurs über diese zu ermöglichen? Im vorliegenden Beitrag möchten wir dieser Frage, die sich insbesondere auch Einrichtungen der Begleitforschung und Technikfolgenabschätzung stellt, mit Blick auf die Debatte über die Gentechnologie nachgehen. Wie wurde bzw. wird sie bislang (in Bezug auf Grüne Gentechnik) und aktuell (in Bezug auf Genome Editing) geführt? Auf der Basis einer Auseinandersetzung mit den dabei gemachten Erfahrungen beschreiben wir einige zentrale Herausforderungen der Gestaltung der Wissenschaftskommunikation zum Genome Editing.

## Ein Blick zurück: Was „lief falsch“ bei der Kommunikation der Grünen Gentechnik?

Das gesellschaftlich am meisten umkämpfte Anwendungsfeld der Gentechnologie ist fraglos die so genannte Grüne Gentechnik, also die Anwendung der Gentechnik in der Landwirtschaft. Die öffentliche Diskussion um sie ist durch ausgeprägtes Lagerdenken sowie einen Mangel an Zwischenpositionen geprägt. Ein sachlicher Austausch zwischen den Lagern in Form einer Diskussion über die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Arten der Züchtung und über alternative Entwicklungspfade der Technologie findet praktisch nicht statt.

Doch welche Rolle hat die Wissenschaftskommunikation in der gesellschaftlichen Debatte bisher gespielt? Es lassen sich verschiedene Ansätze erkennen, die offenkundig nicht überzeugend waren, wie etwa der Versuch der Positionierung von WissenschaftlerInnen als objektive Autoritäten (ausführlicher z. B. Weitze et al. 2012). Tatsächlich wurden und werden viele Wis-

senschaftlerInnen von der Öffentlichkeit als der Politik bzw. Wirtschaft nahe stehend wahrgenommen und haben ja auch häufig ein eigenes Interesse an der weiteren Erforschung und Förderung der Gentechnologie.

Ein Negativbeispiel bieten immer wieder prominente WissenschaftlerInnen, die sich für die Grüne Gentechnik aussprechen, obwohl sie über keine spezifische Expertise verfügen, die ihnen eine besondere Kompetenz für dieses Thema verleihen würde. Zuletzt warben etwa im Sommer 2016 mehr als 100 NobelpreisträgerInnen dafür, die Entwicklung von nährstoffoptimiertem Reis (*golden rice*) zu forcieren (Nestler 2016). Das Problem des Mikronährstoffmangels wurde dabei stark vereinfacht,

## Ein sachlicher Austausch zwischen den Lagern findet bei der Grünen Gentechnik praktisch nicht statt.

der goldene Reis als alternativlose Methode zu dessen Bekämpfung präsentiert, seine Nichtnutzung als künftiges „Verbrechen gegen die Menschlichkeit“ dargestellt (o. A. 2016). Eine solche Positionierung erscheint sowohl undifferenziert als auch in fragwürdiger Weise moralisierend (Karberg 2016). Das Vertrauen in die Expertise der Unterzeichnenden auf diese Weise auszunutzen, kann das Ansehen von Wissenschaft und Forschung insgesamt beschädigen.

Versprechungen zu den Potenzialen der Gentechnik, die von Befürwortenden nicht belegt werden konnten, erwiesen sich ebenfalls als Belastung für das Vertrauen in die Wissenschaft.<sup>1</sup> Die tatsächlich entwickelten Produkte (überwiegend Pflanzensorten mit Herbizidtoleranz und Insektenresistenz) hatten für EndverbraucherInnen keinen Nutzen. Auch das erste Endverbraucherprodukt, die Flavr-Savr-Tomate (umgangssprachlich „Anti-Matsch-Tomate“), war nicht geeignet, die Relevanz der Grünen Gentechnik für die Bevölkerung sichtbar zu machen – die Tomate wies zwar eine vergleichsweise lange Haltbarkeit auf, erhöhte aber den Transportaufwand (Martineau 2001) und endete hauptsächlich als Bestandteil von Tomatenmark, bevor sie nach kurzer Zeit wieder vom Markt genommen wurde. Als Ziel der Anwendung von Gentechnik wurde immer wieder pauschal die Lösung des Welternährungsproblems in Aussicht gestellt, ohne dass plausible Gesamtstrategien hierfür präsentiert wurden. In Diskussionsbeiträgen wurde zudem nicht genügend nach dem Stand der Forschung (bzw. Anwendung) differenziert – häufig ging es um frühe Stadien der Entwicklung, die noch weit von einer Anwendung entfernt waren bzw. dies noch immer sind, etwa bei dem Hinweis auf den Nutzen trockenoleranter Pflanzen.

<sup>1</sup> Zu den Einstellungen von Verbrauchern gegenüber der Grünen Gentechnik sowie zur Konfliktodynamik siehe Hampel (2008) und Conrad (2008).

Problematisch war in der Vergangenheit auch die Erwartung vieler WissenschaftlerInnen, es reiche aus, als unwissend wahrgenommene Laien mit Fakten zu informieren und allein dadurch eine größere Akzeptanz für ihre Forschung zu bewirken. Diese als „Defizitmodell“ bekannt gewordene Annahme prägte lange Zeit die Wissenschaftskommunikation weit über die Gentechnik hinaus. Obwohl sie eigentlich als überholt gilt, hält sie sich in weiten Teilen bis heute (Cortassa 2016; Bauer 2017). Dass die Haltung zur Gentechnik jedoch keine Frage des Wissens(defizits) ist und mehr Wissen nicht notwendigerweise zu mehr Akzeptanz führt, lässt sich nicht zuletzt daran ablesen, dass sich gerade unter Gebildeten oft vehemente Kritiker der Gentechnologie finden. Da in Bezug auf die Gentechnik grundlegende Interessen und Werte zur Debatte stehen, können WissenschaftlerInnen gegenüber anderen Diskussionsteilnehmenden in dieser Hinsicht keine spezielle Kompetenz für sich beanspruchen, und es sind neue Formate gefragt, den Austausch darüber zu strukturieren.

## Genome Editing – aktuelle Debatten

Die neuen Möglichkeiten des Genome Editing werden vielfach als Revolution in der Gentechnik bezeichnet, womit auf die massive Ausweitung der Grundlagen- und der Anwendungsforschung sowie auf die möglichen gesellschaftlichen Folgen verwiesen wird. Doch sind damit auch neue Impulse für die festgefahrene Debatte über Gentechnologie verbunden? Zumindest lässt sich bereits in diesem frühen Stadium der Entwicklung beobachten, dass ganz unterschiedliche Akteure kommunikative Aktivitäten initiieren. Neben WissenschaftlerInnen suchen insbesondere die wissenschaftlichen Akademien gezielt den Kontakt zur Öffentlichkeit, so unter anderem die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften oder die Leopoldina mit Veranstaltungen zur Gentechnologie und zur Veränderbarkeit des Genoms. Auch das BMBF und andere Behörden sowie zivilgesellschaftliche Organisationen wie der Deutsche Evangelische Kirchentag führen Veranstaltungen durch oder fördern Projekte.

Das Thema Genome Editing wird auch in den Massenmedien aufgegriffen. Die Presseberichterstattung<sup>2</sup> zeigt, dass im Zeitraum 2015 bis 2016 die Zahl der Artikel in auflagenstarken, überregionalen Zeitschriften und Zeitungen über alle Anwendungsfelder hinweg anstieg. Medizinische bzw. therapeutische Anwendungen bilden dabei einen zentralen Fokus. Charakteristisch für die Auseinandersetzung mit dem Genome Editing ist, dass die Felder der medizinischen und landwirtschaftlichen Anwendung (Rote und Grüne Gentechnik) beim Genome Editing zum Teil gemeinsam verhandelt werden, wie es in früheren

Entwicklungsstadien der „konventionellen“ Gentechnik bereits der Fall war (Deutscher Bundestag 1987).

Neben den Potenzialen werden auch Risiken thematisiert, beispielsweise die Häufigkeit von Off-Target-Effekten, also nicht intendierten Veränderungen des Genoms an anderen Orten als der Zielsequenz, oder die Gefahren, die sich aus der Anwendung durch Do-it-yourself-Biologen außerhalb institutioneller Labors ergeben, insbesondere die Möglichkeit unbeabsichtigter Freisetzung (*Bio-Error*) oder missbräuchlicher bzw. illegaler Verwendung biologischen Wissens (*Bio-Terror*) (Sauter et al. 2015). Im Unterschied zur (medialen) Diskussion über Grüne Gentechnik wird die CRISPR/Cas9-Technik außerdem weniger mit großen Unternehmen in Verbindung gebracht (eine Ausnahme ist die Fusion der Konzerne Bayer und Monsanto), sondern als Verfahren charakterisiert, das einer großen Zahl ganz unterschiedlicher Akteure zur Verfügung steht. Eine solche Darstellung greift das Narrativ der Einfachheit und Preisgünstigkeit gegenüber früheren Methoden der Gentechnik auf, das den Auftakt der meisten Artikel zum Genome Editing bildet.

Die mediale Berichterstattung wie auch die verschiedenen Initiativen zum Genome Editing erreichen bislang jedoch offenbar nicht die breite Bevölkerung. Einer Umfrage vom Juni 2016 (YouGov 2016) zufolge hatten zwar 29% der deutschen Erwachsenen schon einmal die Begriffe CRISPR/Cas9 oder Genome Editing gehört. Doch nur 7% gaben an zu wissen, was sich dahinter verbirgt. Auch im BfR-Verbraucher-Monitor Anfang 2017 gaben nur 14% der Befragten an, bereits vom Thema Genome Editing gehört zu haben (BfR 2017a). Sowohl in der YouGov-Befragung als auch in einer vom BfR durchgeführten qualitativen (Fokusgruppen-)Studie (BfR 2017b) zeigte sich, dass Genome Editing von vielen als eine Form der (bekannten) Gentechnik betrachtet wird und dem Thema mit den inzwischen etablierten Vorbehalten begegnet wird.

Dennoch wäre es falsch, die Debatte über Genome Editing mit der über die Gentechnologie komplett gleichzusetzen. Zwar sind Parallelen und Bezüge unverkennbar, etwa wenn in Bezug auf den Einsatz des Genome Editing in der Pflanzenzüchtung bekannte Pro- und Contra-Positionen reproduziert werden oder mit Blick auf die somatische Gentherapie auf die Probleme der früheren Methoden verwiesen wird. Aber auch neue Facetten und Impulse lassen sich erkennen. Beispiele dafür sind frühere Kritiker der Gentechnologie, die für eine Neubewertung des Genome Editing in der Pflanzenzüchtung plädieren (Maurin und Niggli 2016), sowie Regulierungsfragen, die entstehen, weil die neuen Anwendungsbereiche durch die bestehenden Gesetze nicht mehr ausreichend erfasst werden (Zinkant 2016). Das stärkere Bemühen vieler WissenschaftlerInnen und Wissenschaftsorganisationen um eine breite und ergebnisoffene gesellschaftliche Diskussion der Chancen und Risiken im Vorfeld der weiteren Erforschung schließlich legt die Annahme nahe, dass die Wichtigkeit der demokratischen Legitimierung von Forschung zunehmend anerkannt wird.

Inwiefern dabei neue Formen der Wissenschaftskommunikation entwickelt und genutzt werden, bleibt abzuwarten. Die ge-

<sup>2</sup> Die Ergebnisse der Medienanalyse (FAZ, ZEIT, SZ, Spiegel) wurden von Julia Diekämper und Lilian Marx-Stöltling am 22.11.2016 auf einem Workshop von TAB und IAG Gentechnologiebeicht präsentiert, deren Schlussfolgerungen werden im „Vierten Gentechnologiebericht“ (erscheint 2018) veröffentlicht.

ringe Resonanz der aufgeworfenen Fragen in der Öffentlichkeit verweist auf das Problem, dass bislang nur ausgewählte Zielgruppen durch die genutzten Formate angesprochen wurden. Es bleibt zu evaluieren, welche gesellschaftlichen Gruppen sich aus welchen Gründen offenbar nicht angesprochen fühlen.

## Anforderungen an eine (Neuausrichtung der) Wissenschaftskommunikation zum Genome Editing

Es ist angesichts der in Aussicht gestellten Potenziale des Genome Editing absehbar, dass ein großes öffentliches Interesse die (Weiter-)Entwicklung der Verfahren begleiten wird (Sauter et al. 2015). Aus unserer Sicht ist wünschenswert, dass eine möglichst große Zahl gesellschaftlicher Interessensgruppen z. B. mittels Konsultation oder Bürgerbeteiligung an der Debatte teilhat, damit die unterschiedlichen möglichen Entwicklungspfade der Technologie erkundet und ihre Chancen und Risiken jeweils abgeschätzt werden können. Nur so wird die Forschungs- und Entwicklungsarbeit an gesellschaftliche Problemlagen und Wertvorstellungen gekoppelt und die Debatte bleibt offen für unterschiedliche Anknüpfungsmöglichkeiten. Die folgenden fünf Punkte fassen einige zentrale An- bzw. Aufforderungen an die Gestaltung der Wissenschaftskommunikation zum Genome Editing zusammen.

### 1. Die Erwartungen an die Rolle der Wissenschaftskommunikation sollten neu justiert werden.

Das Genome Editing eröffnet prinzipiell die Möglichkeit für eine Neuorientierung der Debatte über die Gentechnologie, allerdings müssen dabei die Veränderungen der Rolle von Wissenschaft in der Gesellschaft berücksichtigt werden. Für Wissenschaftlichkeit als Wert kann in gesellschaftlichen Debatten heute kein bevorzugter Platz gegenüber anderen Werten und Normen mehr beansprucht werden. Dies gilt für das Genome Editing mit seinen vielfältigen Anwendungsfeldern, insbesondere auch beim Menschen, mindestens so sehr wie für die Gentechnik bisher. Vor diesem Hintergrund ergibt sich unserer Einschätzung nach für die Wissenschaftskommunikation eine ähnliche Aufgabe wie für TA als Politikberatung, nämlich nicht vorrangig Öffentlichkeitsarbeit zu betreiben, sondern zwischen den unterschiedlichen Wertvorstellungen und Perspektiven zu vermitteln.

### 2. Wissenschaftskommunikation sollte vom wissenschaftlichen Belohnungssystem gewürdigt werden.

Ein stärkerer Austausch von WissenschaftlerInnen mit und eine größere Offenheit gegenüber JournalistInnen wären hilfreich, um die Vielfalt wissenschaftlicher Perspektiven und Argumente stärker öffentlich bewusst zu machen und den Anschein einer einseitigen Positionierung wie in der Debatte um die Grüne Gentechnik zu vermeiden. Viele WissenschaftlerInnen nehmen ihre Rolle als Kommunikatoren aber noch immer

kaum wahr, was auch an den strukturellen Rahmenbedingungen für die Forschung liegt, die diesen Einsatz nicht honorieren. Daher sollte ein kommunikatives Engagement von WissenschaftlerInnen stärker als karriererelevant gewürdigt werden – in Anerkennung des Umstandes, dass die dafür aufgebrauchte Zeit zwangsläufig für andere Tätigkeiten fehlt. Auch die Forschungsförderorganisationen könnten in ihren Ausschreibungen Aktivitäten im Bereich Wissenschaftskommunikation honorieren oder sogar einfordern.

### 3. Wissenschaftskommunikation sollte auch als anspruchsvoller Wissenschaftsjournalismus verstanden und betrieben werden.

Die Kommunikation durch WissenschaftlerInnen oder wissenschaftliche Institutionen ist nur eine Facette der Wissenschaftskommunikation. Für einen umfassend informierten öffentlichen Diskurs über Forschung und Technologie ist explizit auch ein kritischer Blick auf Praktiken, Interessen und die Finanzierung von Wissenschaft und Forschung nötig, u. a. um unseriöse Forschung, unethische Praktiken oder auch undifferenzierte Aussagen und überzogene Ansprüche zu identifizieren und zu thematisieren. Diese wichtige Aufgabe kann am ehesten von einem anspruchsvollen Wissenschaftsjournalismus übernommen werden. Ein interessantes Format in diesem Zusammenhang sind *Journalists in Residence*, zu denen erste Erfahrungsberichte vorliegen (Ronzheimer 2016). Es darf allerdings nicht das Ziel sein, publizistische und wissenschaftliche Qualitätskriterien zugunsten einer größeren Reichweite beim Publikum preiszugeben, auch wenn der Anspruch sein sollte, die gesamte Gesellschaft zu erreichen.

### 4. Neue Kommunikationsformate bedürfen weiterer Erprobung und Anwendung.

Das verstärkte Interesse der letzten Jahre an Wissenschaftskommunikation hat bereits insofern Früchte getragen, als mittlerweile viele verschiedene Kommunikationsformate zur Verfügung stehen, nicht zuletzt aufgrund der medialen Ausdifferenzierung. Nachdem Printmedien nicht mehr in der Lage sind, die Gesamtbevölkerung anzusprechen, ermöglichen das Internet und insbesondere die sozialen Medien prinzipiell eine hochspezifische, multimediale und zielgruppengenaue Kommunikation sowie stärker partizipativ ausgerichtete Formate.

Für die Synthetische Biologie als Weiterentwicklung der Gentechnik wurde im Rahmen der explorativen Umsetzung des Konzepts von Responsible Research and Innovation (Schomberg 2012) in die Praxis eine ganze Reihe innovativer Formen des Dialogs und der Reflexion aktueller Forschung entwickelt und erprobt, beispielsweise Theater- und Filmfestivals (Albrecht et al. 2015). Allerdings zeigt sich bei all diesen Aktivitäten das Problem, dass die erreichbaren und zu einer Teilnahme motivierbaren gesellschaftlichen Gruppen sehr klein und meist ohnehin am jeweiligen Thema interessiert sind. Inwiefern sich mit neuen Formaten tatsächlich eine Ausweitung der Debatte in die Breite der Gesellschaft hinein erreichen lässt, ist eine offene Frage.

## 5. Aus Fehlern der Vergangenheit sollte stärker gelernt werden.

Die Kontroverse um die Grüne Gentechnologie macht nicht zuletzt deutlich, wie vielschichtig die an sie gebundenen Konflikte sind und welche unterschiedlichen Dimensionen – seien sie strukturell, seien sie normativ, seien sie ökonomisch oder rechtlich – sie berührt. Wissenschaftskommunikation kann einen Beitrag zur konstruktiven Bearbeitung dieser Konflikte leisten, wenn sie sich dieser Komplexität annimmt und sich nicht als Popularisierungsinstanz abstrakter wissenschaftlicher Inhalte versteht. Dabei sollten frühere Debatten und Probleme stärker reflektiert und aus der Vergangenheit gelernt werden. Es hat sich bewährt, konkrete Problemlösungsansätze (mit ihrem jeweiligen Anwendungskontext) zu diskutieren, anstatt wenig definierte allgemeine Verbesserungspotenziale einer Technologie (z. B. widerstandsfähiger, ertragreicher, umweltfreundlicher, ressourcenschonender) zu betonen. Außerdem sollte stärker reflektiert werden, was mit Wissenschaftskommunikation erreicht werden kann und wo ihre Grenzen liegen.

## Ausblick

Die Beobachtung und Reflexion der Debatten über Forschung und Technologieentwicklung gehören schon seit einiger Zeit zu den Aufgaben der Begleitforschung und Technikfolgenabschätzung. Sie werden umso wichtiger, wenn die unterschiedlichen Akteure ihre Aktivitäten im Bereich der Wissenschaftskommunikation verstärken und mit verschiedenen Formaten experimentieren. Gleichzeitig sind Einrichtungen wie die Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht (IAG) der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) zunehmend selbst gefordert, Technikfolgenabschätzung enger mit Wissenschaftskommunikation zu verbinden. Denn bei beiden Unternehmungen geht es darum, mittels einer intensiven Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen und Kompetenzen wissenschaftlich-technische Entwicklungen in ihrer Komplexität und Bewertungssensibilität verständlich zu machen – und zwar nicht mit dem Ziel der Akzeptanzbeschaffung oder um lediglich Aufmerksamkeit zu erreichen, sondern um eine überparteiliche Informationsbasis für den Austausch zwischen unterschiedlichen Interessenträgern zu schaffen.

Eine engere Verknüpfung von Wissenschaftskommunikation und Technikfolgenabschätzung liegt daher nahe, wirft aber, wie in diesem Beitrag dargestellt, viele Fragen auf. Eine Auseinandersetzung mit der Thematik wird auch in die Bilanzierung des Umgangs mit Gentechnologien einfließen, die die IAG zum Ende ihrer siebzehnjährigen Laufzeit Ende 2018 erstellen wird. In Anbetracht der Vorläufigkeit der vorgebrachten Überlegungen möchten die Autorinnen und Autoren aber insbesondere auch die Leserschaft der TATuP auffordern, die hier begonnene Reflexion aufzugreifen und mit Reaktionen und eigenen Diskussionsbeiträgen fortzusetzen.

## Danksagungen

Für wichtige Anregungen zu diesem Beitrag danken wir den Teilnehmenden des Workshops „Wie gelingt Wissenschaftskommunikation? Das Beispiel Genome Editing“, den die IAG und das TAB im Herbst 2016 veranstalteten. Der Beitrag versteht sich nicht als Zusammenfassung der Ergebnisse des Workshops, sondern stellt zentrale Erkenntnisse aus der Perspektive der Autorinnen und Autoren dar mit dem Ziel, die Diskussion in den weiteren Kreis der TA-Community hineinzutragen und fortzusetzen. Außerdem danken wir den GutachterInnen der TATuP für wertvolle Anregungen.

## Literatur

- Albrecht, Steffen; Coenen, Christopher; König, Harald (2015): Enriching the Methodological Scope of Technology Assessment. Initial Insights from SYNENERGENE, the Mobilisation and Mutual Learning Action Plan on Synthetic Biology. In: Constanze Scherz, Tomáš Michalek, Leonhard Hennen, Lenka Hebáková, Julia Hahn und Stefanie B. Seitz (Hg.): The Next Horizon of Technology Assessment. Proceedings from the PACITA 2015 Conference in Berlin. Prague: Technology Centre ASCR, S. 151–156.
- Baltimore, David et al. (2015): A Prudent Path Forward for Genomic Engineering and Germline Gene Modification. In: *Science* 348 (6230), S. 36–38. DOI: 10.1126/science.aab1028.
- Bauer, Martin W. (2017): Kritische Beobachtungen zur Geschichte der Wissenschaftskommunikation. In: Heinz Bonfadelli, Birte Fähnrich, Corinna Lüthje, Jutta Milde, Markus Rhomberg und Mike S. Schäfer (Hg.): *Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation*. Wiesbaden: Springer VS, S. 17–40. DOI: 10.1007/978-3-658-12898-2\_2.
- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (2017 a): *BfR-Verbrauchermonitor 2/2017*. Berlin: Bundesinstitut für Risikobewertung.
- BfR (2017 b): *Neue Technologien zur Modifikation des Genoms. Möglichkeiten, Grenzen und gesellschaftliche Herausforderungen*. BfR-Symposium Neue Technologien zur Modifikation des Genoms – Möglichkeiten, Grenzen und gesellschaftliche Herausforderungen, 6. Dezember 2016, Berlin. Berlin: Bundesinstitut für Risikoforschung.
- Bonas, Ulla et al. (2017): *Ethische und rechtliche Beurteilung des genome editing in der Forschung an humanen Zellen*. Halle: Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften.
- Bonfadelli, Heinz; Fähnrich, Birte; Lüthje, Corinna; Milde, Jutta; Rhomberg, Markus; Schäfer, Mike S. (Hg.) (2017): *Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation*. Wiesbaden: Springer VS. DOI: 10.1007/978-3-658-12898-2.
- Burns, Terry W.; O'Connor, D. John; Stocklmayer, Susan M. (2003). *Science Communication: A Contemporary Definition*. *Public Understanding of Science* 12 (2), S. 183–202.
- Conrad, Jobst (2008): *Diskursdeterminanten und -wirkungen. Bedingungen und Grenzen von Wissenschaftskommunikation in der Grünen Gentechnik*. In: Roger J. Busch und Gernot Prütz (Hg.): *Biotechnologie in gesellschaftlicher Deutung*. München: Herbert Utz, S. 29–58.
- Cortassa, Carina (2016): *In Science Communication, Why Does the Idea of a Public Deficit Always Return? The Eternal Recurrence of the Public Deficit*. In: *Public Understanding of Science* 25 (4), S. 447–459. DOI: 10.1177/0963662516629745.
- Deutscher Bundestag (1987): *Bericht der Enquete-Kommission „Chancen und Risiken der Gentechnologie“*, Drucksache 10/6775. Berlin: Deutscher Bundestag.
- Dorn, Thea (2016): *Wo bleibt der Aufschrei?* In: *Die Zeit* Nr. 27 vom 23.06.2016, S. 39.

- Europäische Kommission (Hg.) (2009): Challenging Futures of Science in Society: Emerging Trends and Cutting-Edge Issues. Brüssel: Europäische Kommission.
- Felt, Ulrike et al. (2013): Science in Society: Caring for our Futures in Turbulent Times. European Science Foundation Science Policy Briefing Nr.50, June 2013. Straßburg: European Science Foundation.
- Hampel, Jürgen (2008): Der Konflikt um die Grüne Gentechnik. Diskursverfahren und öffentliche Meinung. In: Roger J. Busch und Gernot Prütz (Hg.): Biotechnologie in gesellschaftlicher Deutung. München: Herbert Utz, S. 59–90.
- Jasanoff, Sheila (2003): Technologies of Humility: Citizen Participation in Governing Science. In: *Minerva* 41 (3), S. 223–244.
- Kähler, Esther (2017): Der heiße Sommer der Wissenschaftskommunikation 2014 – ein Rückblick. Online verfügbar unter <http://www.wissenschaftskommunikation.de/der-heisse-sommer-der-wissenschaftskommunikation-2014-ein-rueckblick-5633>, zuletzt aktualisiert am 26. 06. 17, zuletzt geprüft am 10. 10. 2017.
- Karberg, Sascha (2016): Diffamierende Rhetorik hilft niemandem weiter. Kommentar. In: *transkript* 22 (11), S. 70.
- Lanphier, Edward; Urnov, Fyodor; Haecker, Sarah Ehlen; Werner, Michael; Smolenski, Joanna (2015): Don't Edit the Human Germ Line. In: *Nature* 519, S. 410–411. DOI: 10.1038/519410a.
- Martineau, Belinda (2001): Food Fight. The Short, Unhappy Life of the Flavr Savr Tomato. In: *The Sciences* 41 (2), S. 24–29.
- Maurin, Jost; Niggli, Urs (2016): Ökoforscher über neue Gentechnik-Methode: „CRISPR hat großes Potenzial“. In: *Die Tageszeitung* vom 06. 04. 2016, S. 3.
- NASEM – National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2015): International Summit on Human Gene Editing: A Global Discussion. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/21913.
- NASEM (2017 a): Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/24623.
- NASEM (2017 b): Communicating Science Effectively: A Research Agenda. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/23674.
- Nestler, Ralf (2016): Nobelpreisträger fordern Greenpeace zum Umdenken auf. In: *Der Tagesspiegel Online* vom 05. 07. 2016, [www.tagesspiegel.de/wissen/gruene-gentechnik-nobelpreistraeger-fordern-greenpeace-zum-umdenken-auf/13809758.html](http://www.tagesspiegel.de/wissen/gruene-gentechnik-nobelpreistraeger-fordern-greenpeace-zum-umdenken-auf/13809758.html), zuletzt geprüft am 04. 10. 2017.
- o. A. (2016): Laureates Letter Supporting Precision Agriculture (GMOs). Online verfügbar unter [http://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter\\_rjr.html](http://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter_rjr.html), zuletzt aktualisiert am 29. 06. 2016, zuletzt geprüft am 10. 10. 2017.
- Reich, Jens et al. (2015): Genomchirurgie beim Menschen. Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.
- Ronzheimer, Manfred (2016): Die Erneuerung des Innovationsjournalismus in Deutschland. Unveröffentlichter Abschlussbericht, *Journalist in Residence*. München: Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb (erhältlich auf Anfrage beim Autor).
- Sauter, Arnold et al. (2015): Synthetische Biologie. Die nächste Stufe der Biotechnologie. TAB-Arbeitsbericht Nr. 164. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Schomberg, René von (2012): Prospects for Technology Assessment in a Framework of Responsible Research and Innovation. In: Marc Dusseldorp und Richard Beecroft (Hg.): Technikfolgen abschätzen lehren. Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden. Wiesbaden: Springer VS, S. 39–61.

- Weitze, Marc-Denis et al. (Hg.) (2012): Biotechnologie-Kommunikation. Kontroversen, Analysen, Aktivitäten. München: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- Weitze, Marc-Denis; Heckl, Wolfgang M. (2016): Wissenschaftskommunikation. Schlüsselideen, Akteure, Fallbeispiele. Heidelberg: Springer.
- YouGov (2016): „Genome Editing“ bei Lebensmitteln. Forschungssensation oder Konsumentenkatastrophe? YouGov Reports, August 2016.
- Zinkant, Kathrin (2016): Dafür oder dagegen? In: *Süddeutsche Zeitung* vom 10. 10. 2016, S. 16.



#### DR. STEFFEN ALBRECHT

ist Soziologe und seit 2014 beim Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag tätig. Nach Studium und Promotion forschte er in Hamburg, Berlin, Dresden und Karlsruhe in verschiedenen Projekten zu den gesellschaftlichen Auswirkungen der Digitalisierung und zu politischer Kommunikation und Partizipation.



#### DR. JULIA DIEKÄMPER

ist Kulturwissenschaftlerin. Sie ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und zudem Mitarbeiterin im Forschungsverbund „GenomeLECTION“. Julia Diekämper arbeitet als freie Autorin für Deutschlandfunk Kultur. Als Lehrbeauftragte war sie an unterschiedlichen Universitäten tätig.



#### DR. LILIAN MARX-STÖLTING

ist Biologin und Bioethikerin und seit 2010 wissenschaftliche Mitarbeiterin der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Außerdem lehrt sie Biologie und Bioethik in unterschiedlichen Kontexten und Formaten.



#### DR. ARNOLD SAUTER

ist seit 2012 stellvertretender Leiter des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Als Biologe befasst er sich seit seiner Promotion 1994 mit den Auswirkungen von Bio- und Medizintechnologien in ihren gesellschaftlichen und politischen Kontexten. Sein besonderes Interesse gilt Aushandlungsprozessen zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft, NGOs und weiteren Akteuren.

„Ich hab' da mal was vorbereitet ...“ ist wohl der bekannteste Satz von Jean Pütz und auch der Titel seiner kürzlich erschienenen Biografie. Diese Worte aus der von 1974 bis 2004 produzierten Fernsehsendung „Hobbythek“ haben ihn über die letzten Jahrzehnte – zusammen mit seinem markanten Äußeren – zu einem bekannten Gesicht des Wissenschaftsjournalismus gemacht. Die Vermittlung wissenschaftlichen Wissens an die Öffentlichkeit zieht sich dabei genauso als roter Faden durch seine Arbeiten wie die Auseinandersetzung mit der Verantwortung von Wissenschaft. So hat er in seinen Sendungen schon früh gesellschaftlich relevante Wissenschaftsthemen wie die Potenziale von Mikroprozessoren, den Umwelt- oder den Nichttraucherschutz thematisiert. In der „Hobbythek“ wurde Wissenschaft mit Alltagsbezug verknüpft und Wissensaneignung durch Selbermachen praktiziert: Die Zuschauerinnen und Zuschauer konnten anhand der kostenfrei beziehbaren Publikationsreihe „Hobbyt看ps“ z. B. selber Waschmittel herstellen oder sich mit einem der zahlreichen Begleitbücher weiter in die Elektronik einarbeiten. Philipp Schrögel, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Wissenschaftskommunikation des Instituts für Germanistik am Karlsruher Institut für Technologie, führte für TATuP das Gespräch mit Jean Pütz in dessen Plus-Energie-Haus im Bergischen Land.

**TATuP:** *Sie haben in Ihrer Biografie geschrieben: „Das von Menschen geschaffene Wissen muss für jedermann zugänglich sein. Wissen darf niemals nur Herrschaftswissen sein“.*

**Jean Pütz:** Ja, das ist die Motivation für vieles in meinem Leben. Mir war von Anfang an klar, dass Demokratie nur existieren kann, wenn die Menschen auch begreifen, warum es Wissenschaft geben muss und warum die Technik uns das Leben erleichtert hat und nicht trennt. Die Vernunft und ein klares Verständnis von Ursache-Wirkungs-Beziehungen sind die Basis für eine erfolgreiche Demokratie. Das Gegenteil machen manche Poli-

## INTERVIEW

# Wissen als demokratisches Prinzip

Philipp Schrögel im  
Gespräch mit einem  
begeisterten Wissens-  
vermittler über die  
politische und mora-  
lische Verpflichtung zum  
Austausch.

tiker heute, die nur irgendetwas behaupten. Das sieht man jetzt bei der Wahl von Trump in Amerika oder dem Brexit in England: Beides ist aus einer Dummheit heraus entstanden.

Und deswegen habe ich auch als Journalist didaktische Modelle entwickelt, die sich an Bürger ohne akademischen Hintergrund richten, aber ohne dass diese sich belehrt fühlen müssten. Ich weiß, dass Mathematik und die Naturwissenschaften manchmal schlecht gelehrt werden, viel zu wenig zum Begreifen, zum Anfassen, mit Experimenten. Da gibt es viele Blockaden, die zu überwinden sind. Da wollte ich eine Motivation bieten, ich wollte zeigen: Mensch, du bist zwar nicht Akademiker, aber du kannst es genauso gut verstehen!

*Manchmal kann es ja sein, dass auf der einen Seite wissenschaftliche Erkenntnisse stehen und auf der anderen die ge-*

*sellschaftliche Beurteilung. Zum Beispiel, welche Risiken eine Gesellschaft bereit ist einzugehen und welche nicht, sagen wir bei Energietechnologien.*

Ja, da sieht man jetzt besonders am Thema der Nachhaltigkeit. Schon in meiner ersten Sendereihe habe ich gepredigt: Energie ist die treibende Kraft, von dort geht alles aus. Aber wir müssen schauen ob die Menschen, die normalen Menschen und nicht nur die Experten, eine Technologie überhaupt wollen. Jeder hat in sich ein tiefsitzendes Normalitätsprinzip. Und wenn eine Technologie entwickelt wird, die nicht oder nur mit höchstem Risiko zu realisieren ist, dann muss man sehr vorsichtig sein.

Technikfolgenabschätzung ist für mich ein ganz wichtiger Aspekt, den ich sowohl auf die Energietechnologien aber auch auf alle andere Themen aus Wissenschaft und Technik beziehe. Es gibt eine Gruppe von Menschen, abgesehen von Philosophen, die diese Fragestellungen in die Öffentlichkeit hineintransportieren: die Wissenschaftsjournalisten. Sie haben die Aufgabe, Zusammenhänge klarzumachen und in die Zukunft zu sehen. Ich nenne das kybernetisches Denken, vielleicht kann man das heute auch algorithmisches Denken nennen.

*Gesellschaft kann also Technologie gestalten, aber umgekehrt verändern Technologien auch Gesellschaften mit vorher vielleicht nicht absehbaren Auswirkungen?*

Als James Watt die Dampfmaschine entwickelte, hat er aus dem Chaos, aus der Unordnung Ordnung gemacht. Posthum bekommt James Watt in meinen „Pützmunter-Shows“ den Nobelpreis in Physik verliehen und gleichzeitig, genau wie Linus Pauling auch, den Friedensnobelpreis. Denn mit der Möglichkeit, Wärme in geordnete Bewegung oder Elektrizität umzusetzen, wurde menschliche Fronarbeit endlich teurer als die Maschinenarbeit. Es ist nicht die Moral gewesen, die diesen Wandel in der Arbeitswelt geschaffen hat, sondern die technische Voraussetzung. Deswegen bin ich auch ein gro-

ber Befürworter der Industrialisierung, allerdings darf sie nicht als Machtinstrument verwendet werden für Ausbeutung, Korruption und so weiter. Dazu brauchen wir dann in der Politik Abgeordnete, die schlau genug sind, diese Entwicklungen zu verstehen und zu bewerten, und die dann auch eingreifen.

*Sie setzen viel auf die Vernunft und eine rationale Herangehensweise ...*

Vielleicht ist das Gehirn ja sowieso eine Fehlkonstruktion. Denn mittlerweile hat es uns so weit gebracht, dass wir unser Kleinuniversum, sprich die Erde, komplett zerstören können. An so vielen Stellen passiert das schon. Deswegen brauchen wir ein elftes Gebot: Du darfst die Ressourcen dieser Erde nur so nutzen, dass unsere Kinder und Kindeskinde die größten Chancen haben. Das war schon in meiner ersten Fernsehsendung meine treibende Kraft.

*Die Grundbotschaften in Ihren Sendungen sind immer diejenigen der Ökologie-Bewegung und der Nachhaltigkeitsdebatte gewesen.*

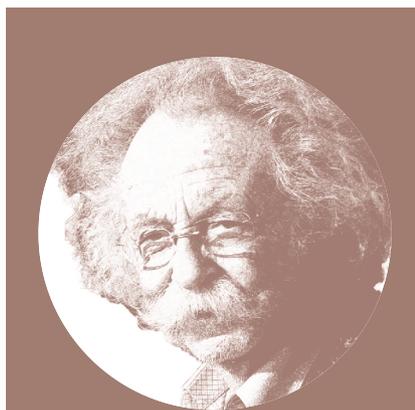
Ja, aber dabei bin ich überhaupt kein Grüner. Ich bin dagegen, dass viele Grüne emotionalisieren. Wir können diese Welt nicht mit Emotionen retten, wir können Emotionen höchstens nutzen, damit die Menschen aufmerksam werden. Diese erste Motivation zu schaffen, das kann ich über Emotionen erreichen. Aber dann muss ich das ganze direkt in die Welt der Vernunft einbringen und mit Fakten und Wissen argumentieren.

*Wie kann diese Vermittlung von Wissen funktionieren? Sie haben einmal gesagt: „Ohne natürliche Autorität gibt es keine Wissensvermittlung“. Was meinten Sie damit?*

Erstmal ist es wichtig, Autorität unbedingt von autoritär zu trennen. Aber trotzdem helfen Prestige und öffentliche Bekanntheit ein bisschen dabei, Wissen zu vermitteln. Deswegen habe ich auch Begleitbücher zu meinen Sendun-

gen geschrieben, um noch mehr Hintergrundwissen zu vermitteln, als es in den Fernsehsendungen möglich war. Mit den hohen Auflagen konnte ich umso mehr Menschen erreichen.

Aber ich sage auch ganz offen, dass ich meine Popularität nicht durch originale Leistung erreicht habe, sondern nur, weil ich bereits Vorhandenes vervielfältigt und verbreitet habe. Noch heute kommen Professoren zu mir und sagen mir, wie gut sie die Bücher finden. Ich habe dann gesagt: „Vielleicht habe ich die falsche Sprache gewählt, ich hätte noch einfacher sein müssen“. Aber ich bin ja kein Populist, sondern ich habe gesagt, ich muss Wissenschaft popularisieren. Das ist ein riesen Unterschied. Genauso wie Autorität und autoritär.



Jean Pütz

ist Wissenschaftsjournalist, bekannt durch seine Fernsehsendung „Hobbythek“ und seine Wissenschaftsbühnenshow „Pützmunter“. Mit über 3000 wissenschaftlichen Sendungen und rund 80 populärwissenschaftlichen Büchern (Gesamtauflage über sechs Millionen Exemplare) hat er wesentliche Beiträge zur Wissenschaftskommunikation geleistet. Nach langjähriger Leitung der Redaktion Naturwissenschaft beim Westdeutschen Rundfunk und Vorsitz der Wissenschaftspressekonferenz verfolgt Jean Pütz heute mit 81 Jahren im Ruhestand weiterhin aktiv den Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft.

*Sie waren maßgeblich daran beteiligt, den Interessen des Wissenschaftsjournalismus in Deutschland eine Vertretung zu geben. Wie kam es dazu?*

Die Wissenschaft hatte auch zu Beginn meiner Laufbahn schon keinen einfachen Stand im Journalismus. Es gab zwar das Schulfernsehen, aber das war kein richtiger Wissenschaftsjournalismus. Und deswegen bin ich damals einer Einladung von Ulrich Lohmar gefolgt, Vorsitzender der Stiftung für Kommunikationsforschung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Er hatte damals zwanzig der bekanntesten Wissenschaftsjournalisten eingeladen, um über Wissenschaft und Journalismus zu diskutieren. Zu dieser Gelegenheit habe ich gesagt, wir brauchen eine „Mafia der Vernunft“. Der Begriff Vernunft ist mir sehr wichtig, also die logische Vernunft, nicht die Bauernschläue.

So ist die Wissenschaftspressekonferenz als Interessenvertretung der Wissenschaftsjournalisten entstanden, und ich war dann ja dreizehn Jahre lang deren Vorsitzender. Und da habe ich natürlich auch nicht alle überzeugt, weil die Wissenschaftsjournalisten eines an sich haben: Das sind unglaubliche Egozentriker. Die zusammenzubringen, ist schwierig.

*„Mafia der Vernunft“ – man denkt bei Mafia ja erstmal an eine abgeschlossene Gemeinschaft, die unter sich bleibt und nicht nach Außen geht. Wie sind Sie auf diesen Begriff gekommen?*

Der Begriff ist im Sinne von Nukleus zu verstehen. Wir als Wissenschaftsjournalisten brauchen auch eine Kommunikation auf einer höheren Ebene miteinander. Um uns auszutauschen, zu unterstützen und so weiter.

*Wie sehen Sie die Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler selber? Sollten diese das Kommunizieren über Fachthemen in die Gesellschaft hinein lieber dem Journalismus überlassen? Oder ist die Wissenschaft auch selber ge-*



Abb. 1: Jean Pütz beim TATuP-Interview im Arbeitszimmer seines Plus-Energie-Hauses im Bergischen Land.

Quelle: P. Schrögel

*fragt, eigene Arbeit zu erklären, sich in den Dialog zu stürzen?*

Wissenschaftler haben zwei Aufgaben: Einmal die Kommunikation innerhalb der *Scientific Community*, aber genauso auch aus dieser heraus. Und da muss ich ein großes Kompliment machen: Viele Wissenschaftler schreiben sehr gute, verständliche Beiträge für die Öffentlichkeit. Die haben begriffen, dass wir eine soziale und eine politische Verpflichtung haben, den Menschen Wissenschaft näher zu bringen.

Aber ich kenne natürlich auch die Probleme mit übertriebenen Erfolgsmeldungen und Hypes. Da setze ich wirklich aus-

schließlich auf die *Scientific Community*, dass die sich unter Kontrolle hält. Leider passiert es nicht immer, deswegen haben wir in letzter Zeit viele Fake News auch

im Bereich der Wissenschaft. Hier hat der Wissenschaftsjournalismus eine wichtige Aufgabe durch seinen Blick von außen, aber auch für die Wissenschaft selber ist er notwendig: Ein guter Wissenschaftler muss tief in die Materie eindringen,

das heißt, er braucht einen Tunnelblick. Sonst kommt er an die neuesten Erkenntnisse, die tiefsten Geheimnisse nicht ran. Er bohrt ein Loch und steigt da nachher selbst rein mit dem Hämmerchen. Und wenn er dann in seinem Loch sitzt, dann ist es vielleicht nicht schlecht, dass auch Journalisten dort herumlaufen und vermitteln: „Was hast denn du da? Und was hat der andere dort? Pass mal auf, da hinten in der Ecke, da ist einer der hat ähnliches wie du – wollt ihr euch nicht mal zusammantun?“ Diese Kommunikationsaktivierung halte ich für eine sehr wichtige Funktion der Wissenschaftsjournalisten, auch für die Wissenschaft selber.

*Der vermittelnde Journalismus ist das Eine, das Selbermachen etwas Anderes. Sie haben das verbunden. Ihre Hobbythek-Sendung und deren Do-It-Yourself-Anspruch lässt sich als ein Vorläufer der heutigen Hacker- und Maker-Bewegungen sehen.*

Nun ja, die Hobbythek war für mich ein Trojanisches Steckenpferd. Eine Motivation, Menschen zu zeigen, dass sie schlauer sind und mehr machen können als sie denken. Es ist ja so: Durch die Schule werden die Leute manchmal auch verblendet, sie werden entweder nur als Hirn oder nur als Hand deklariert. Dabei wird das Handwerk viel zu wenig geschätzt. Zum Teil bilden wir als Akademiker aus lauter Hochmut eine Parallelgesellschaft. Ich wollte gerne jedermann ansprechen. Ich wollte zeigen: Du bist schlauer, kannst selbst etwas tun. Wichtig war mir dabei das Begreifen im wahren Sinne des Wortes, und dies anhand von

*Ich wollte zeigen: Menschen sind schlauer und können mehr machen als sie denken.*

Themen, die auch einen wissenschaftlichen Hintergrund haben.

*Sie selber haben ja einen sehr vielfältigen Lebenslauf: von der technischen Ausbildung über das Lehramtsstudium im na-*

*turwissenschaftlichen Bereich bis hin zum begleitenden Soziologiestudium. Wie blicken Sie auf die heutigen Studiengänge und die Situation junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler?*

Zunächst kritisiere ich ganz vehement die modernen Studiengänge mit Multiple-Choice-Tests und vielen Prüfungen. Da wird ja Quizwissen abgefragt. Ich hätte da heute keine Chance mehr. Ich kann nur jedem Studenten raten, die disziplinen Scheuklappen abzulegen und

Und das möchte ich auch noch sagen: Ich habe für mein Studium ungefähr 35.000 Deutsche Mark als staatliche Förderung bekommen. Ich hätte nie studieren können, wenn ich das nicht bekommen hätte – ich bin ein Arbeiterkind. Der Staat hat das von mir in fünf Jahren nach meinem Studium in Form von Steuern zurückbekommen. Seitdem macht der Staat mit mir jedes Jahr eine vielfache Rendite. Ich würde sagen, das ist eine lohnende Investition für den Staat, und deswegen fordere ich, dass Bildung,

*den Menschen Wissenschaft und Technik erklären. Wenn Sie heute Ihre Karriere beginnen würden, würden sie die Freiheit nutzen und ein YouTuber werden? Oder gingen Sie wieder als Journalist zum öffentlich-rechtlichen Rundfunk?*

Das ist zu allererst einmal eine Frage der Finanzierung. Das ist eine Krankheit des Internets, dass die Leute glauben alles umsonst zu kriegen. Und das macht unseren Beruf als Journalisten auch kaputt. Eine Misere ist das. Alles soll um-

## *Wir haben eine soziale und eine politische Verpflichtung, den Menschen Wissenschaft näher zu bringen.*

mindestens ein bis zwei Semester Studium Generale zu machen.

Und ich halte es für einen Skandal, ja sogar für ein Verbrechen, dass junge Leute in den Universitäten nur kurzfristige Verträge kriegen. Ja wie sollen die denn eine Familie gründen? Die Assistenten müssen besser entlohnt werden. Denn sonst gibt es ein Problem. Wo führt das hin? Das wird ein akademisches Proletariat. Man muss den Leuten Perspektiven geben. Wer den Wissenschaftsnachwuchs so behandelt, der versündigt sich an den jungen Leuten.

Forschung, Wissenschaft und auch Infrastruktur von der Schuldenbremse ausgenommen werden. Denn Firmen oder Handwerker die nicht in die Zukunft investieren, die gehen pleite. Und so wird es unserem Staat auch gehen, wenn Politiker Bildung und Forschung mit allem anderen in einen Topf werfen.

*Es gibt auf YouTube mittlerweile viele Do-it-Yourself-Sendungen und Wissenschaftskanäle, die von den Grundgedanken her an die damalige Hobbytheke erinnern, indem sie mit kreativen Ansätzen*

sonst sein, ich hatte nicht geglaubt, dass ein ganzes Volk zu Nassauern wird. Und wenn dann wirklich einmal gute Leute mit guten Ideen da sind, für die sie mal ein bisschen Geld verlangen, dann macht das niemand mit. Deswegen muss es einen ordentlich finanzierten Wissenschaftsjournalismus als Brücke zwischen Forschern und den Bürgern geben.

Liebe Leserinnen und Leser!

Vielen Dank für Ihre Treue und Ihr Interesse an *TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*. Ein spannendes Jahr mit einem umfassenden Relaunch liegt hinter uns. Mit diesem Neustart im Rücken freuen wir uns sehr darauf, Ihnen auch im kommenden Jahr weiterhin alles Wissenswerte rund um Technik und ihre Folgen vorstellen zu können.

Eine schöne Adventszeit und frohe Weihnachten wünschen die TATuP-Redaktion und der oekom verlag

*Constance Scherz*  
Constance Scherz, Redaktionsleitung

*Ulrike Sehy*  
Ulrike Sehy, Leitung Fachzeitschriften, oekom verlag



## REZENSION

# Gestaltungsmacht der Wissenschaftspolitik?

## Wandel und Kontinuität in der Nanotechnologie

Franz Seifert, Sozialwissenschaftler in Wien, FWF Projektleitung  
 „Deliberative Turn in Nanotechnology Policy“ (fseifert@gmx.at)

74

Seit die USA zur Jahrtausendwende mit ihrer Nationalen Nanoinitiative einen internationalen Förderwettbewerb um die Nanotechnologie angestoßen haben, sorgt der Hype um diese zwar für mediale Beachtung, wird aber der Komplexität und Forschungsrealität dieses unübersichtlichen Entwicklungsfeldes nicht annähernd gerecht. Dem hält der Wissenschaftshistoriker Christian Kehrt ein realistisches, empirisch reichhaltiges und theoretisch reflektiertes Bild nanotechnologischer Wissenschaftskulturen in der High-Tech-Region München entgegen, deren Wandlungsprozesse er unter Rückgriff auf aktuelle Modelle und Diskussionen in der Wissenschafts- und Technikforschung untersucht. Er unterlegt seine Studie einerseits mit einer generellen wissenschaftspolitischen Fragestellung und entwickelt an ihr andererseits die Kritik an einer populären These in der Wissenschafts- und Technikforschung.

Ausgehend von der wissenschaftspolitischen Diskussion betrachtet er das Forschungsfeld Nanotechnologie vor dem Hintergrund der verstärkt an die Wissenschaft herangetragenen Forderungen nach Anwendungsorientierung, Nützlichkeit und Transparenz. Wie antworten die Nanowissenschaften auf diese Forderungen? Um das zu verstehen, nimmt Kehrt deren enge Verschränkung mit Forschungspolitik, medialer Öffentlichkeit und Industrie in den Blick.

### Nanoforschung als epistemische oder technische Wissenschaft?

Mit Bezug auf eine spezifischere Diskussion in der Wissenschafts- und Technikforschung untersucht der Autor, ob und in welcher Weise sich am Forschungsfeld der Nanotechnologie einig der in Wissenschafts- und Technikforschung postulierten

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
<https://doi.org/10.14512/tatup.26.3.74>

Wandlungen der Wissenschaftskultur feststellen lassen. Dabei setzt er sich v. a. kritisch mit den gängigen Theorien der Technoscience, insbesondere im Sinne Alfred Nordmanns, oder der Mode-2-Wissenschaft nach Nowotny und Gibbons auseinander. Diesem zufolge wird Grundlagenforschung durch das utilitaristische Primat sozialer und technischer Anwendungsorientierung zugunsten von innovations-, anwendungs- und problemorientierter Forschung verdrängt; erkenntnisorientierte, ergebnisoffene Wissenschaft wird dabei gewissermaßen zum Auslaufmodell. Kehrt wendet sich konsequent gegen diese populäre These. Im Forschungsfeld Nanotechnologie, so Kehrt, überlebt die Grundlagenforschung nicht bloß, vielmehr bildet sie weiterhin den bestimmenden Orientierungsrahmen für die Forschungspraxis. Mit dem Wissenschaftshistoriker Hans-Jörg Rheinberger insistiert Kehrt auf der Unterscheidung zwischen epistemischen und technischen Dingen, wobei ihm zufolge die in den Labors spielerisch geschaffenen, gebastelten Nanoobjekte klar ersteres sind: genuin nicht-technische Objekte, dazu da, Forschungsprozesse weiterzubringen, nicht aber zwangsläufig dazu da, verwertbare Technologien zu entwickeln. Mögen auch Forschungsprogramme ihre Inter- und Transdisziplinarität betonen, bei näherer Betrachtung erweist sich, entgegen der in Wissenschafts- und Technikforschung gängigen These, nach wie vor der strukturierende Einfluss akademischer Forschungstraditionen, Disziplinen und Institutionen.

Allerdings ist die weiterhin gängige Experimentierkultur in der nanowissenschaftlichen Forschungspraxis keineswegs frei von ökonomischen, politischen und medialen Zwängen. Um ihre erkenntnisorientierte, experimentelle Ausrichtung zu bewahren, müssen Forschungsakteure in den Nanowissenschaften neue Diskurse und Strategien adaptieren. Von „Strategic Science“ etwa ist zu sprechen, wenn sich Wissenschaftsakteure strategisch-diskursiv in mit großen gesellschaftlichen und forschungspolitischen Erwartungen verbundenen Forschungsfeldern, wie etwa Nanotechnologie, positionieren, um technisch-innovatorische Leistungskapazitäten für sich zu reklamieren, Legitimität zu gewinnen und Ressourcen zu akquirieren, ohne dabei ihre experimentelle Orientierung einzubüßen. Anders als Mode 2 oder



Kehrt, Christian (2015):

#### Mit Molekülen spielen.

Wissenschaftskulturen der Nanotechnologie zwischen Politik und Medien.

Bielefeld: transcript, 276 S., 39,99 EUR,

Print-ISBN 9783837632026

ebook-ISBN 9783839432020

Technoscience postuliert Strategic Science also keinen epochalen Wandel der Wissenschaften, sondern deren strategische Betonung ihres Technikbezuges bei Wahrung epistemischer und organisatorischer Kontinuitäten.

### Empirische Grundlagen

Kehrt illustriert seine Thesen anhand dichten empirischen Materials, das u. a. zahlreiche Laborbesuche und mehr als 30 Interviews mit Protagonisten der Münchner Nanotechnologie beinhaltet. Der empirische Fokus liegt auf den langfristigen Motiven und Strategien dieser Akteure, ihren Netzwerken, Karrieren, Forschungs- und Innovationsprojekten und Interaktionen mit Politik, Medien und Industrie. Dabei vermittelt Kehrt zwar ein realistisches Bild der Laborpraxis, liefert aber weder eine klassische Laborstudie, wie sie in den 1970er- und 1980er-Jahren bahnbrechend in der Technik- und Wissenschaftsforschung wurden, noch ethisch-reflexive Laborinterventionen, mit denen die konstruktiv-antizipative TA seit jüngerem experimentiert. Statt auf einzelne Labors fokussiert Kehrt auf das Ensemble von Akteuren, Institutionen und Netzwerken des Münchner Nanotechnologie-Forschungsfeldes im Zusammenhang übergreifender politischer, medialer und wirtschaftlicher Kontexte. Diese bislang kaum systematisch eingenommene, weite Perspektive auf eine regionale Forschungslandschaft im größeren Kontext erlaube, das „komplexe Zusammenspiel makrostruktureller Einflussfaktoren und lokaler mikrostruktureller Forschungspraktiken und -kulturen“ (S. 24) zu untersuchen.

Dies verdeutlicht z. B. der historisch-regionale Fokus auf die europäische High-Tech-Region München, wo aktuelle nanotechnologische Forschungspraxis als Kontinuität der seit den 1970er-Jahren dort ansässigen industrienahe Halbleiter- und Mikroelektronik zu verstehen ist. Hier „zeigt gerade die historische Betrachtung, dass es sich bei der Nanotechnologie um ein forschungspolitisch motiviertes Relabeling bestehender Forschungsfelder und Praktiken handelt (...), [was den] radikalen Innovationsanspruch der Nanotechnologie unter Verweis auf ältere Kontinuitätslinien und Forschungstraditionen relativiert“ (S. 146).

Die vielschichtige Kontextualisierung rückt v. a. die Manifestation globaler bzw. globalisierungsbedingter Strukturveränderungen auf lokaler Ebene in den Blick. Dazu zählen der seit den 1990er-Jahren eingeführte internationale sowie der nationale Innovationswettbewerb, im Zuge dessen auch Deutschland die Nanotechnologie zur geförderten Schlüsseltechnologie erklärte (S. 71–83) und deutsche Forschungseinrichtungen in den „Wettkampf um die besten Köpfe“ eintraten (S. 83–88).

Um dieselbe Zeit kam es unter globalem Wettbewerbsdruck zum Abbau industrieller Forschung und damit zu einer Verschlechterung von Karriereperspektiven für Absolventen der Experimentalphysik. Zudem wuchs der Druck auf die Wissenschaft, ihre gesellschaftliche Relevanz nachzuweisen. Kehrt zufolge stellt die daraus folgende „forschungspolitisch motivierte Orientierung an einer Zukunftstechnologie (...) einen nahezu idealtypischen Fall einer strategischen, durch Zukunftsprognosen geprägten Wissenschaft dar“ (S. 89).

### Gliederung

Das Buch ist in acht Kapitel unterteilt. Auf das konzeptionelle Einleitungskapitel folgt zunächst die Vorstellung des medialen und forschungspolitischen Diskurses um die Nanotechnologie, der durch große Erwartungen, Mythen und Visionen geprägt ist. Doch plädiert Kehrt gerade angesichts dieser Zukunftsbezogenheit für eine historische Herangehensweise. Kapitel drei beschreibt die Formierung der Nanotechnologie-Politik im Deutschland der 1990er-Jahre als Reaktion auf Strukturkrisen der Universitäten und Halbleiterindustrien, die bisherige Schwerpunktförderung der Lebenswissenschaften und die US-amerikanische Herausforderung. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der Entwicklung der Nanotechnologie in der High-Tech-Region München und betont dabei einerseits deren Kontinuitäten mit der Halbleiterphysik, andererseits aber auch ihre neue experimentelle Öffnung zu den Lebenswissenschaften. Kapitel fünf zeichnet ein dichtes, technisch detailreiches Bild nanotechnologischer Forschungspraxis (ein Glossar am Ende erklärt technische Begriffe), das an den Beispielen Molekularstrahlepitaxie, Rastertunnelmikroskop und „Basteleien“ mit DNA-Strängen den nach wie vor experimentellen, ergebnisoffenen, nicht-technischen Charakter der Nanowissenschaften illustriert. Die folgenden Kapitel zu Medialisierungsstrategien und Innovationsprojekten wenden sich den Strategien nanowissenschaftlicher Akteure zu, die durch öffentliches Engagement ihre Forschung popularisieren bzw. durch universitäre Ausgründungen den Sprung in privatwirtschaftliche Karrieren wagen. Ein abschließendes Kapitel resümiert die wichtigsten Thesen.

### Implizite Relevanz für die TA und Fazit

Auch wenn die TA in Kehrts Studie keine zentrale Rolle spielt, ist sie für eine an TA interessierte Leserschaft dennoch von signifikantem Interesse, weil sie Möglichkeiten und Grenzen klassischer, wie auch aktuell diskutierter neuer Ansätze von TA berührt. Nanotechnologie wurde zum Experimentierfeld reflexiven Regierens und partizipativer Technikgestaltung, wie sie in den Konzepten „anticipatory governance“, „constructive TA“, sowie „early“ bzw. „upstream engagement“ zum Ausdruck kommt. Kehrts überzeugende Rehabilitierung der Grundlagenforschung muss die, diesen Konzepten inhärenten, hohen Steuerungsansprüche frustrieren. Wenn das, was in nanowissenschaftlichen Labors geschieht, ergebnisoffenes Spielen mit Molekülen ist und nicht, wie von Mode 2 und Technoscience postuliert, Hinarbeiten auf technische Innovation, dann gebietet das in erster Linie Skepsis gegen überhöhte Vorhersage- und Gestaltungsansprüche. Die kreativen Spielerfolge im Labor bleiben letztlich unsicher und unabsehbar, ihre eventuelle technisch-industrielle Weiterentwicklung und damit ihr potenzieller gesellschaftlicher Impact – zumindest zum Zeitpunkt ihrer Entwicklung – unwägbar. Das schränkt sowohl die Reichweite der Expertise klassischer TA, aber mehr noch die Potenziale einer deliberativ-partizipativen „Öffnung“ der Nanotechnologie ein.

## REPORT

# There is a crack in everything. That's how the light gets in<sup>1</sup>

3<sup>rd</sup> European TA Conference, Cork, Ireland,  
May 17–19, 2017

Carmen Priefer, *Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS),  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlstraße 11, 76133 Karlsruhe*  
(carmen.priefer@kit.edu)

Linda Nierling, *Institute for Technology Assessment and Systems Analysis  
(ITAS/KIT)* (linda.nierling@kit.edu)

Constanze Scherz, *Institute for Technology Assessment and Systems Analysis  
(ITAS/KIT)* (constanze.scherz@kit.edu)

Mahshid Sotoudeh, *Institute for Technology Assessment (ITA), Austrian Academy  
of Sciences* (msotoud@oeaw.ac.at)

Lenka Hebáková, *Technology Centre of the CAS (TC)* (hebakova@tc.cz)

Technology assessment (TA) aims at generating knowledge about the consequences of technology as a basis for informed decision making. This task challenges TA to conduct inter- and transdisciplinary research, to include non-scientific actors, and to communicate with the general public. The 3<sup>rd</sup> European Conference on TA, which was understood as a project-independent continuation of the conferences carried out within the PACITA project, was hosted by the University College Cork (UCC) in Ireland. The event was dedicated to the theme “New technologies and societal challenges: Bridging the worlds of science, society & policy making” and sought new formats to respond to the growing importance of dialog. Nearly 250 participants discussed in 25 sessions about current developments in technology assessment. With the aim to enable intensive exchange, a two-phase session structure was conceptualized: In the first part, sci-

<sup>1</sup> This is a line in the song “Anthem” of the famous musician Leonhard Cohen. It was used by a speaker in the session “Politics of TA” as a metaphor to describe the core of technology assessment, and inspired the authors to choose it as title of the report.

entists presented their research. The second part was organized in a dialog format to include viewpoints of stakeholders. In this report, we highlight three selected sessions in order to illustrate the variety of topics and discussions.

## Politics of TA

The session “Politics of TA”, organized by Leonhard Hennen and Linda Nierling (Germany), reflected on an often unquestioned paradigm of TA in its political mission as parliamentary TA: its legitimation since the 1970s by its specific competence in neutral science-based policy advice. The session intended to shed light on the question of how this paradigm of “neutrality” can be (or ever was) attained in TA. Speakers from European TA organizations challenged this promoted “a-politicalness” of TA and addressed the question “Does TA have politics?” from a conceptual perspective.

Karen Kastenhofer and Anja Bauer (Austria) presented empirical results of their research on the implicit paradigms and the professional ethos of a TA institution, showing that TA can be defined neither as neutral nor as political because of the complexity of the surroundings in which TA is practiced. Rinie van Est (The Netherlands) argued that TA must be understood in a political manner, but a distinction should be made as to whether TA acts inside or outside the political system. Pierre Delvenne (Belgium) connected the TA tradition to the RRI discourse and, especially against the background of such competitive discourses, called for creating a “new spirit of TA” by connecting TA to Science, Technology and Innovation Studies and public discourse. In the following plenary debate, invited speakers (Helge Torgersen, Gloria Rose, André Gzásó, Austria; Les Levindow, UK; Stephan Lingner, Germany) provided further input, with examples from TA’s work experience, such as in nano- or agro-biotech: On the one hand, the diversity of TA approaches was considered an advantage for context-sensitive reactions in either a political or a-political manner. On the other hand, it was stated that the analytical deconstruction of the neutrality of TA as a “myth” calls for an open debate of TA’s (implicit) normative aims.

The following controversial discussion between speakers and audience showed that these explorations of the “politics of TA” surely struck a chord with the community and asked for a continuation of the debate on the self-understanding of TA.

## Mutual Learning

The session “Mutual learning of stakeholders and citizens for a sustainable development” with a focus on inter- and transdisciplinary co-creation of knowledge through mutual learning was organized by Mahshid Sotoudeh (Austria), Tomáš Rátinger (Czech Republic), Ciara Fitzgerald (Ireland), and Natalia Goncharova (Russia). Mutual learning was discussed among policy makers, stakeholders and citizens as a concept for shaping innovations to deal with societal challenges. Experiences from using the participatory foresight method CIVISTI and its suitability for agenda setting in long-term EU research programs



Fig. 1: Intensive discussions in the poster area of the 3<sup>rd</sup> European TA Conference.

John Roche Photography

77

as well as participatory methodologies for the city management system were presented. Another approach to early engagement, which is based on the establishment of public platforms for crowd-sourcing solutions, was described for smart city projects in Russia. Furthermore, the concept of PACITA Summer Schools for stakeholders was presented to impart knowledge and create awareness of the potential of TA among various target groups in Europe. Discussions on the improvement of knowledge-based decision making by involving citizens in the design of measures to promote sustainable consumption in the Czech Republic showed opportunities and limits of participatory processes for mutual learning as well as the importance of accompanying research on the impacts of such tools.

In the dialog part, participants discussed with Petra Bayr (Austrian Parliament) and Anna Kárníková (Department of Sustainable Development of the Czech Government Office) about criteria for successful mutual learning in order to enable sustainable development. The invited policy makers presented their activities for the integration of the UN Sustainable Development Goals (SDGs) and highlighted the role of mutual learning between actors based on innovative participatory methodologies. The stakeholders identified the lack of cooperation between sectors as the main challenge. They emphasized that cooperation instead of competition is needed to deal with societal issues and that continuous mutual learning between stakeholders and citizens could support critical thinking in shaping innovations.

### Bioeconomy

The session “Bioeconomy on the spotlight”, organized by Carmen Priefer, Stefan Bösch, Rolf Meyer, and Sophie Kuppler (Germany), dealt with the hot topic of bioeconomy. The core idea of the concept is the replacement of non-renewable fossil resources used in industrial production and for energy supply by renewable biogenic feedstock. This switch-over is expected to pave the way for a more sustainable economy that helps tackling

global challenges such as food security and climate change. In the first part of the session, Les Levidow (UK) presented rival trajectories of bioeconomy in the European debate and emphasized the existence of an agro-ecological perspective that questions the prevailing technology-based implementation pathway. Lotte Asveld (The Netherlands) picked up the discussion about non-technical aspects of the transition and talked about social learning in the bioeconomy. She pointed out that socially desirable innovations can only be reached by early involvement of civil society. Christine Rösch (Germany) argued that the orientation of the bioeconomy towards sustainability principles is a crucial precondition for a successful transformation. She highlighted the SDGs as an adequate reference for sustainability assessments.

In the second part, Thomas Arnold from the European Commission gave an overview on the various societal challenges the bioeconomy has to be aware of and called for a revision of the European strategy to take into account the ongoing controversial discussions about a sustainable bioeconomy. Michael Carus from the nova-Institute concluded that the economic and political framework conditions are not favorable for a bioeconomy and that competitiveness with fossil-based products can only be reached by setting environmental standards. Last but not least, Steffi Ober from the Nature and Biodiversity Conservation Union Germany (NABU) called for directing the economy towards natural limits by incorporating external costs. In her view, without changes in the economic practice itself also a bio-based economy will end up in overuse and exploitation of nature. The following discussion showed points of consensus, but also controversial views, and underlined that the scientific and societal discourse on bioeconomy are still in their infancy.

### Outlook

The 3<sup>rd</sup> European TA conference again offered an important platform for exchange within the TA community. The manifold session topics covered both scientific debates on conceptual ques-

tions (e. g., public participation, RRI, politics of TA) and specific thematic areas (e. g., health, genome editing, bioeconomy). Furthermore, exchange on practical questions relevant to the community was fostered (e. g., communicating TA, advancing towards an international TA community). Due to the engagement of the sessions' organizers and the diversity in disciplines and societal perspectives, the conference was of high quality. This was also thanks to the long time slots for each session (in total 2.5 hours). On the downside, the format forced the participants to select only a few of the sessions offered, which limited the possibility to take a look at various topics. The inclusion of stakeholders turned out to be very enriching for the discussions and offered an adequate environment for inter- and transdisciplinary TA research. However, this format requires careful preparation and in some cases also financial resources (e. g., to enable participation of civil society organizations).

The conference showed once again that TA activities are internationally relevant. Participants from non-EU countries enriched the discussions with examples from their countries. In addition, the session "Towards a global TA – possibilities and challenges" explicitly discussed how TA can be thought globally. It showed differences, but also several similarities in the issues and challenges countries like India, China, Russia and Europe are facing. Moreover, it became clear that international exchange and mutual learning of TA practices should be continued.

While the dialog part allowed for intense topical discussions, a format for exchange among the community was rather missing. Such plenary exchange is considered crucial for identification of research questions and topics as well as community building. The authors hope that the European TA conference as a relevant exchange platform will be continued in 2019 and that the experiences made, but also ideas for new formats will be incorporated into its preparation.

## Further information

### Conference webpage:

<https://cork2017.technology-assessment.info>

### Book of Abstracts:

<https://cork2017.technology-assessment.info/programme/book-of-abstracts>

### Special Report:

TA conferences. Platforms for the future: [http://volta.pacitaproject.eu/wp-content/uploads/2015/03/VOLTA-num8\\_def\\_web.pdf](http://volta.pacitaproject.eu/wp-content/uploads/2015/03/VOLTA-num8_def_web.pdf), p. 19

## BERICHT

# TA17 – Digitalisierung der Arbeitswelt

## Neue Technologien und Organisationsformen

Georg Aichholzer, Doris Allhutter, Leo Capari, André Gaszó, Niklas Gudowsky, Walter Peissl, Gloria Rose, Tanja Sinozic, Mahshid Sotoudeh, Stefan Strauß, alle Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW), Apostelgasse 23, 1030 Wien.  
Korrespondierende Autorin: Tanja Sinozic ([tanja.sinozic@oeaw.ac.at](mailto:tanja.sinozic@oeaw.ac.at)),  
 [orcid.org/0000-0002-1070-1340](https://orcid.org/0000-0002-1070-1340)

Die Arbeitsinhalte und -umgebungen werden zunehmend digitalisiert. Welche Folgen lassen sich aus neuen Organisationsformen und Technologien für Wirtschaft, Gesellschaft und den einzelnen Menschen abschätzen? Mit diesen Fragestellungen befasste sich die diesjährige TA17 am 19. Juni 2017 in Wien. Die Konferenz war mit 130 TeilnehmerInnen aus der deutschsprachigen TA-Community und WissenschaftlerInnen aus den Forschungsfeldern Philosophie, Ökonomie, Soziologie, Medienwissenschaften und Betriebswirtschaft besonders gut besucht. Die breite Vielfalt der Perspektiven auf die Digitalisierung des Arbeitsplatzes sorgte für einen umfassenden Überblick über die aktuellen Debatten und stimulierte lebhaft Diskussionen unter den TeilnehmerInnen.

### Roboter und Automatisierung am Arbeitsplatz

In seinem Eröffnungsvortrag präsentierte Michael Decker (KIT, Karlsruhe) eine TA-Perspektive auf autonome Systeme unter dem Titel „Im Wettbewerb mit Robotern?“. Decker beschrieb Roboter als ein Zusammenwirken unterschiedlicher Technologien, wie Sensoren und Steuerungssoftware. Neue Roboterfähigkeiten konzentrierten sich auf Kognition, Lernen, Autonomie und künstliche Intelligenz. Es sei zu erwarten, dass viele Aufgaben, die derzeit von Menschen durchgeführt werden, in naher Zukunft von Robotern übernommen werden können.

In der zweiten Keynote beschrieb Annika Schönauer (FORBA, Wien) Wege, wie die Digitalisierung die Arbeit verwandelt. Die

This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CCBY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)  
<https://doi.org/10.14512/tatup.26.3.78>

wichtigsten Änderungen seien die Beschleunigung von Arbeitsprozessen und die Generierung von vielen neuen Daten; die zunehmende Automatisierung von Dienstleistungen, ähnlich wie bisher in den verarbeitenden Sektoren; die Entstehung neuer Geschäftsmodelle; und das Eindringen von Technologien in persönliche und private Sphären. Schönauer wies auf das beträchtliche Potenzial für soziale Innovationen im Bereich der digitalen Technologien hin, warnte aber auch vor der großen und oft unterschätzten Bedrohung durch Hacker.

Diskutiert wurde anschließend, ob angesichts dieser neuen Herausforderungen bestehende Konzepte der Bewältigung hinreichend sind und auch, ob für die Analyse durch die TA neue Instrumente notwendig wären. Insbesondere wurden die zunehmende Bedeutung des Datenschutzes und neue, effektive Regulierungsmaßnahmen, die die Errungenschaften des europäischen Wohlfahrtsstaates sichern sollen, thematisiert.

### Wechselwirkungen zwischen Technologien und Arbeit

In der Session „Technik und Arbeitsphilosophie“ begann Eva-Maria Raffetseder (Munich Center for Technology in Society) mit einer Analyse der Informatisierung von Kundenbeziehungen am Beispiel des Prozessmanagementsystems Salesforce. Mit einer an Foucault orientierten medienarchäologischen Methode sollte die symbolische Ordnung aufgezeigt werden, die sich in medial implementierten Algorithmen manifestiert. Im anschließenden Beitrag von Petra Schaper-Rinkel (AIT, Wien) ging es unter dem Titel „Modus der Zukünftigkeit“ um die Frage, was aus Utopien der Vergangenheit für die digitalisierte und automatisierte Arbeitswelt der Zukunft zu lernen sei. Schließlich setzten sich Tanja Sinozic und Johann Čas (beide ITA, Wien) aus einer gesellschaftspolitisch erweiterten TA-Perspektive mit der Arbeit im digitalen Zeitalter auseinander. Angesichts der damit aufgeworfenen Fragen wurden grundsätzliche politische Handlungsoptionen und deren Erfolgseinschätzung zur Diskussion gestellt: a) eine Art Laissez-Faire, b) ein bedingungsloses Grundeinkommen, c) effiziente und gerechte Verteilung von Arbeit und Einkommen durch Anpassung der Normarbeitszeit. Ursula Maier-Rabler (Universität Salzburg) fokussierte auf das zeitliche und räumliche Verschmelzen von Arbeiten, Lernen und Unterhaltung durch die Vernetzung aller Lebensbereiche. Diskutiert wurde, inwieweit der Megatrend Automatisierung und der damit verbundene Verlust von Arbeitsplätzen ein Hype sei und wie Zukunft in Anbetracht der technologischen Möglichkeiten rational und positiv gestaltet werden kann. Nationalstaat-



Abb. 1: Die TA17 im Sitzungssaal der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Foto: Walter Peissl

liche Lösungen wären hier nicht zielführend, außerdem müsse der freie Zugang zu Informationen regulativ herbeigeführt werden. Was ist wirklich neu an der sog. „neuen Arbeitswelt“? Michael Niehaus (Deutsche Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) wies darauf hin, dass mehrere gesellschaftliche Trends zusammenwirkten: demografischer Wandel, neue Formen der Organisation von Arbeit, Flexibilisierung sowie Digitalisierung. Diskutiert wurde, wie es sein kann, dass die derzeitige Regulation auf einem sehr hohen Stand sei, es aber an der Umsetzung mangle.

### Automatisierte Systeme, Arbeit in Unternehmen und Auswirkungen auf die Beschäftigung

In einer zweiten Session nahm Doris Allhutter (ITA, Wien) zu Beginn Qualität und Aufwand manueller Arbeit für Künstliche Intelligenz (KI) unter die Lupe. Sie zeigte, wie *Crowdwork* bei der Vorbereitung von Information und Behandlung von unvollständigen Datenstrukturen für maschinelle Nutzung entscheidend ist. Dabei sollen Perspektiven und Wissensbestände der BenutzerInnen in semantische Modelle integriert werden, um die Robustheit der Modelle zu erhöhen. Gleichzeitig führen Entlohnungssysteme der *Crowdwork* zu Schwächen bei der Organisation der Arbeit. Sie zitierte Studien, die veranschaulichen, wie sehr automatisierte Systeme auf diese manuelle Arbeit, etwa zum Kodieren an der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine, angewiesen sind und welche immense Kostenvorteile die Unternehmen durch Outsourcing dieser Arbeiten erreichen.

Susanne Giesecke (AIT, Wien) erörterte die Rolle von Digitalisierung als wesentliche Triebkraft industrieller Innovation und ihre Bedeutung für die österreichische Industrie. In einer

aktuell laufenden Studie des AIT wird im Rahmen des finnischen Projekts iREN der Frage nachgegangen, welchen Stellenwert Digitalisierung für industrielle Innovation insgesamt hat und ob der von ihr geprägte Wandel in der Unternehmenslandschaft von entsprechenden Politikmaßnahmen begleitet wird. Derzeit deuten die vorliegenden Daten darauf hin, dass zwar Potenziale für neue Dienstleistungen vorhanden seien, bisher aber noch keine Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfungskette erkennbar wären.

Im Zuge der Veränderung von Arbeitsprozessen im Alltag wird es immer wichtiger, Fragen über das Ausmaß dieser Veränderungen für die Gesamtwirtschaft zu stellen. Stella Zilian (WU Wien) und Maximilian Unger (Joanneum Research) be-

der. Etwa kann entschieden werden, dass in einem auf Solidarität basierenden Versicherungssystem keine personalisierten Profile erstellt werden. Ein regulatorischer Ansatz wäre auch, das sogenannte Profiling generell zu reduzieren.

Big Data und Technologien künstlicher Intelligenz sind eng verwoben und bergen Risiken falscher Informationen und Fehlinterpretationen. Stefan Strauß (ITA, Wien) untersuchte die Mechanismen von *Deep Learning* und maschinellem Lernen aus der TA Perspektive. Künstliche neuronale Netzwerke ermöglichen effizientere Datenanalysen. Dem stehen steigende Intransparenz und Fehlinterpretationen durch Mensch und Maschine gegenüber. Die Folge sind zunehmende Spannungen zwischen menschlicher und maschineller Autonomie, wie anhand einiger

## *Eine Google-Suche zeigt weniger Stellenanzeigen mit hochdotierten Stellen an, wenn sie von Frauen anstatt von Männern durchgeführt wird.*

tonten, dass es eine Vielzahl teils widersprüchlicher empirischer Studien über die Auswirkungen des technologischen Wandels auf Beschäftigung und Einkommensverteilung gebe. Mittelfristig sei zwar mit Produktivitätssteigerungen durch Digitalisierung zu rechnen, und in Folge auch mit positiven Effekten auf die Beschäftigungsentwicklung. Kurzfristig komme es aber zu einigen negativen Effekten, so zu einer Verschiebung von Arbeitskräften aus dem Mittellohnsektor in den Niedriglohnsektor. Ein gleichzeitig steigender Bedarf an hochqualifizierten Arbeitskräften in digitalisierten Arbeitswelten bestärke eine Tendenz zur Polarisierung in vielen Ländern.

### **Überwachung und Big Data**

In der Session „Vertrauen und Überwachung“ fragte Ingrid Schneider (Universität Hamburg), wie es durch den Einsatz von Big Data zu Diskriminierung in der Arbeitswelt kommen kann. Beispielsweise zeige eine Google-Suche weniger Stellenanzeigen mit hochdotierten Stellen an, wenn sie von Frauen anstatt von Männern durchgeführt würde. Da Big Data generell auf Differenzierungen beruhe, könne es auch zu einer illegitimen Differenzierung, also einer Diskriminierung kommen. Durch eine Auswertung der *Likes* auf Facebook können relativ genaue Userprofile erstellt werden, die Auskunft über die sexuelle Orientierung, Religionszugehörigkeit, Hautfarbe oder die politische Ausrichtung einer Person geben. Da Big Data aber mit Wahrscheinlichkeiten für Gruppen und nicht für Individuen operiert, können hier leicht falsche Rückschlüsse auf konkrete Personen gezogen werden. Schneider stellte daher in Frage, welche Informationen überhaupt für Entscheidungen herangezogen werden sollen und in welchen Bereichen es legitim sei, datenbasierten Ein- und Ausschluss zu erlauben. Es müssten bestimmte politische Grundsatzentscheidungen getroffen werden, so Schnei-

Beispiele veranschaulicht wurde. Selbstlernende Maschinen verschärfen Technologieabhängigkeiten erheblich und stellen die Gesellschaft vor neue Herausforderungen, vor allem bezüglich Überprüfbarkeit und Kontrolle der Technologien. Ein zentraler Aspekt sei laut Strauß die mangelnde Interpretierbarkeit von maschinellem Lernen.

Die Konferenz zeigte eine Vielzahl von Aspekten, die bei der Gestaltung von Digitalisierung und Arbeit berücksichtigt werden müssen. Da die Digitalisierung ein gerade anlaufender Entwicklungsprozess ist, kommt der TA, insbesondere in ihrer konstruktiven und ko-evolutionären Rolle, große Bedeutung zu. Die TA-Community kann den Diskurs um Digitalisierung und Arbeit aktiv mitgestalten, sollte aber auch in konkreten Entwicklungsprozessen Einfluss zu nehmen versuchen. Programm, Abstracts und Präsentationen der Konferenz können eingesehen werden unter: <http://www.oeaw.ac.at/ita/ta17>.

## FACHPORTAL

## Der openTA-Blog

Dirk Hommrich, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS),  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlstr. 11, 76133 Karlsruhe  
 (dirk.hommich@kit.edu),  orcid.org/0000-0003-0844-571X



Das Fachportal Technikfolgenabschätzung (openTA) richtet sich an WissenschaftlerInnen und an die Öffentlichkeit. Es bietet folgende Dienste: openTA-News, Kalender, Publikationen und Neuerscheinungen, sowie den openTA-Blog, ein Forum für die Mitglieder des Netzwerks TA (NTA).

### Offenes Forum und neue Funktionen

Ob Nachrichten aus dem NTA oder Bekanntmachungen in eigener Sache, ob Meinungsäußerung zum Zeitgeschehen oder Kommentar zu Themen der TA, ob Diskussionsbeitrag oder Nachruf: Der openTA-Blog begleitet und ergänzt TATuP mit vielfältigen Einblicken in die TA-Community. Monatlich erscheint im Blog das Editorial zum openTA-Neuerscheinungsdienst, in dem einige Publikationen unter einem spezifischen, gemeinsamen Aspekt vorgestellt werden. Berichte über TA-relevante Ereignisse im TA-Blog betreffen z. B. die jüngst erreichte Etablierung einer parlamentarischen TA in Österreich, Fragen der Mitgliedschaft im NTA oder Themen, die das Fachportal betreffen (etwa neu-lich zum Ertrag des openTA-Publikationsdienstes zum aktuellen Thema Dieselskandal). Es werden aber auch Artikel gepostet, die im breiteren Umfeld der TA liegen, wie jüngst ein Beitrag zur Gründung des Weizenbaum-Instituts für die vernetzte Gesellschaft.

Der openTA-Blog lädt mit seiner Kommentarfunktion auch zum Diskutieren ein, was bisher noch zu selten genutzt wurde. In Kürze wird der openTA-Blog außerdem neue institutionelle Mitglieder des NTA sowie deren Arbeitsgebiete, Projekte und Selbstverständnisse vorstellen. Vorgesehen ist zudem, dass Sie zukünftig den Blog nach Schlüsselwörtern durchsuchen können.

### openTA-Blogging – wie geht's?

Alle, die über neue Blog-Einträge informiert werden möchten, können den openTA-Feed nutzen: Schieben Sie einfach das am rechten oberen Bildrand des Blogs platzierte RSS-Feed-Icon in die Lesezeichenleiste ihres Webbrowsers oder setzen Sie ein so genanntes dynamisches Lesezeichen. Alternativ können Sie die Feed-Funktionalität ihres E-Mail-Programms verwenden.

Um auf dem openTA-Blog einen eigenen Beitrag einzustellen, müssen Sie NTA-Mitglied sein (<https://dev.fiz-karlsruhe.de/openta-current/mitglieder>). Wenn Sie sich mit Ihrer E-Mail-Adresse und Passwort angemeldet haben, können Sie auf <https://dev.fiz-karlsruhe.de/openta-current/blog> einen „Neuen Blogeintrag“ hinzufügen“. In das sich öffnende Textfeld kopieren Sie am besten ihren Beitrag hinein, den Sie idealerweise in einem anderen Programm geschrieben haben. In den dafür vorgesehenen Feldern müssen Sie einen Titel eingeben, und Sie sollten einen „Teaser-Text“ ergänzen sowie einige Schlagworte vergeben. Die Aufmerksamkeit für Ihren Beitrag wird durch Bilder gesteigert, die Sie hinzufügen können. Achten Sie aus rechtlichen Gründen darauf, dass diese Bilder (z. B. mit einer CC-Lizenz) publiziert werden dürfen und dass Sie die dazugehörigen Quellenangaben machen. Mit Klick auf „Entwurf automatisch veröffentlichen am ...“ können Sie einen Zeitpunkt bestimmen. Es ist ratsam, sich auf diese Weise Zeit für einen letzten Korrekturdurchgang zu schaffen. Mit „Speichern und Veröffentlichen“ geht ihr Blogpost online. Das Projektteam, das Sie über [info@openTA.net](mailto:info@openTA.net) erreichen, bietet Ihnen redaktionelle und technische Unterstützung an. Machen Sie mit!

Die Abrufzahlen einzelner Blog-Beiträge gehen in den vierstelligen Bereich. Mit einer Gesamtzahl von bislang knapp 75 Beiträgen wurden dabei im openTA-Blog seit 2014 jährlich etwa 20 Kurztex-te veröffentlicht. Hier einige exemplarische Blog-Beiträge, gestaffelt nach Publikationsdatum:

### Blog-Charts (Stand: 22.11.2017)

#### 03. 11. 2017

Constanze Scherz: Quo vadis NTA?  
 Ca. 270 Aufrufe

#### 28. 10. 2016

Ulrich Riehm: Riding the Bullet –  
 Ein Realexperiment über hybride  
 Publikationsmodelle wissenschaft-  
 licher Monographien  
 Ca. 6000 Aufrufe

#### 17. 08. 2015

Andreas Lösch/Christoph Schneider:  
 What about your futures TA?  
 An Essay on how to take the visions  
 of TA seriously  
 Ca. 12.200 Aufrufe

#### 05. 05. 2015

Arnold Sauter: Ethik anstelle von  
 Technikfolgenabschätzung?  
 Der Forschungsschwerpunkt BIOGUM  
 wird aufgelöst  
 Ca. 12.600 Aufrufe

#### 07. 05. 2015

Knud Böhle: Von Resilienz, der Kunst  
 des Möglichen, Katastrophen, wach-  
 sender Lebensspanne und Bioethik  
 Ca. 12.600 Aufrufe

#### 27. 07. 2014

Marc Mölders: Stop, Look, Listen and  
 Stay Tuned! Wie kann TA öffentliches  
 Interesse an komplexen Themen  
 wecken und erhalten?  
 Ca. 46.000 Aufrufe

Mit einer kostenpflichtigen Veröffentlichung in dieser Rubrik informieren NTA-Mitglieder über ihre Aktivitäten und unterstützen TATuP. Sie möchten sich beteiligen? Sprechen Sie uns einfach an unter [redaktion@tatup.de](mailto:redaktion@tatup.de).

# TATuP Dates

82

## TATuP

1/2018 erscheint  
im März 2018 zum Thema

### „Theorie der TA“

In der ersten Ausgabe des neuen Jahres widmet sich TATuP aus verschiedenen Perspektiven der Theorie der Technikfolgenabschätzung. Vor etwa zehn Jahren gab es ein kurzes Aufflackern einer Debatte um eine Theorie der TA. Obwohl seither die zentralen Fragen der Positionierung von TA als Forschungs- und Beratungsprogramm eher an Virulenz gewonnen denn verloren haben, ist es danach rasch wieder still geworden. Eine Verdichtung oder Weiterentwicklung der wissens-, handlungs- und politikbezogenen Ansätze einer Theorieentwicklung blieb aus. Ein Jahrzehnt später greift TATuP die Theoriefrage erneut auf. Gastherausgeber dieses Themas sind Stefan Bösch und Ulrich Dewald, beide vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS/KIT).

### IHRE VORSCHLÄGE SIND GEFRAGT: TATuP-THEMA UND BEITRÄGE

Möchten Sie durch die Herausgabe eines TATuP-Themas einen inhaltlichen Schwerpunkt setzen und Ihr Forschungsfeld prominent in der TA-Community platzieren? Haben Sie einen Beitrag zur Publikation in der ebenfalls begutachteten Rubrik Forschung? Bitte senden Sie Ihre Themenvorschläge und Artikelmanuskripte (Abstracts) jederzeit an [redaktion@tatup.de](mailto:redaktion@tatup.de).

### ABSCHIED E AUS DER REDAKTION

Mit Ulrich Riehm und Julia Hahn verabschiedet TATuP zwei seit 2015 aktive Redaktionsmitglieder, die Konzept, Stil und Qualität der neuen TATuP stark mitgeprägt haben. Der Soziologe Ulrich Riehm war seit 1979 am ITAS bzw. seiner Vorgängerinstitution. Er hat TATuP seit jeher aktiv begleitet und seine Kenntnisse im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien sowie des Elektronischen Publizieren eingebracht. Ihm ist es zu verdanken, dass TATuP heute eine Open-Access-Zeitschrift im besten Sinne ist: frei zugänglich und nachnutzbar. Julia Hahn forscht am ITAS zum Themenfeld „Responsible Research and Innovation“ und „Global TA“. Für TATuP akquirierte und betreute sie Artikel und gestaltete den Relaunch-Prozess kreativ mit.

### DANK AN DIE GUTACHTERINNEN UND GUTACHTER

Seit dem Relaunch von TATuP ab Ausgabe 1-2/2017 garantiert ein offenes Peer-Review-Verfahren die wissenschaftliche Qualität von TATuP. Wir danken allen Gutachterinnen und Gutachtern: P. Ahrweiler, B. Bauer, C. Bläsi, A. Bogner, K. Böhle, S. Bösch, C. Bruch, M. Budde, U. Dewald, T. Fischer, M. Franzen, S. Friesike, B. Giese, R. Grünwald, J. Hampel, P. Harting, R. Häußling, R. Heil, U. Herb, J. Köhler, M. Kurath, M. Lengnick, A. Leßmöllmann, J. Losehand, M. Meister, K. Mruck, M. Neugart, M. Ornetzeder, J. Pohle, A. Pyka, M. Raddant, I. Savin, J.-F. Schrape, I. Schulz-Schaeffer, N. Schwarz, O. Siegert, S. Strauß, N. Taubert, K. Troitzsch, C. Wild und M. Zsifkovits.

### BEITRÄGE EINREICHEN UND ONLINE LESEN

 [www.tatup.de](http://www.tatup.de)

### AUF DEM LAUFENDEN BLEIBEN

 [www.oekom.de/zeitschriften/tatup/tatup-newsletter](http://www.oekom.de/zeitschriften/tatup/tatup-newsletter)

### KOMMENTIEREN, TEILEN, LIKEN

 [www.facebook.com/TAjournal](https://www.facebook.com/TAjournal)

 [www.twitter.com/TAjournal](https://www.twitter.com/TAjournal)

# Eine Anleitung zum Widerstand

»Widerstand ist etwas, das man lernen kann – wie Skifahren.«

Alexander Schiebel

Überall befindet sich die industrielle Landwirtschaft auf dem Vormarsch. Überall? Nein! Ein unbeugsames Dorf in Südtirol hört nicht auf, Widerstand zu leisten, um die erste pestizidfreie Gemeinde Europas zu werden. Eine wunderbare Mischung aus Porträt und Inspirationsquelle für Widerständler!

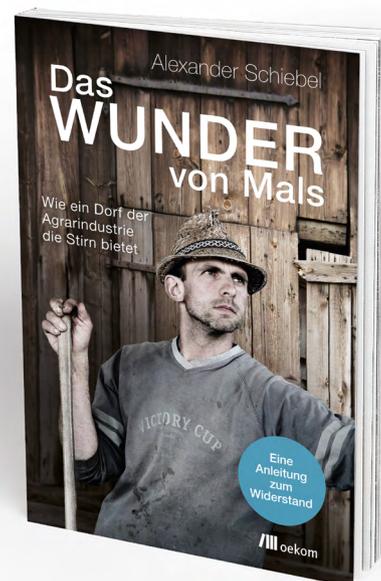
Alexander Schiebel

## Das Wunder von Mals

Wie ein Dorf der Agrarindustrie die Stirn bietet



oekom verlag, München  
240 Seiten, Klappenbroschur, 19,- Euro  
ISBN: 978-3-96006-014-7  
Erscheinungstermin: 04.09.2017  
Auch als E-Book erhältlich



oekom.de

DIE GUTEN SEITEN DER ZUKUNFT



# Umkämpft und unverzichtbar

»Die Familie der Seltenen Erden erzählt eine faszinierende Geschichte unserer Industriegesellschaft.«

Luitgard Marschall

Von der Militärtechnologie bis zur Kommunikations- und Energietechnik gestalten wir mit den sogenannten Seltenen Erden unseren modernen Alltag. Der zehnte Band der Reihe Stoffgeschichten informiert über Geschichte, Verwendung und Bedeutung von Neodym, Europium & Co.

Luitgard Marschall, Heike Holdinghausen

## Seltene Erden

Umkämpfte Rohstoffe des Hightech-Zeitalters



oekom verlag, München  
240 Seiten, Hardcover, 24,- Euro  
ISBN: 978-3-86581-844-7  
Erscheinungstermin: 02.10.2017  
Auch als E-Book erhältlich



oekom.de

DIE GUTEN SEITEN DER ZUKUNFT



# Dem Kollaps auf der Spur

*»Es wäre ein Trost, wenn alles mit derselben Langsamkeit zugrunde ginge, wie es entsteht, aber es geht nur langsam voran, während der Ruin schnell kommt.«*

Seneca d. Jüngere

In Zeiten von Demokratieverfall und Europakrise ist diese Erkenntnis Seneca des Jüngeren aktueller denn je. Ugo Bardi zeigt an zahlreichen großen und kleinen Systemen von der Schneelawine bis zur Finanzkrise, welchen Gesetzen der Kollaps folgt – und was man dagegen tun kann.

Ugo Bardi

## Der Seneca-Effekt

**Warum Systeme kollabieren und wie wir damit umgehen können**



oekom verlag, München  
336 Seiten, Hardcover mit Schutzumschlag, 25,- Euro  
ISBN: 978-3-96006-010-9  
Erscheinungstermin: 02.10.2017  
Auch als E-Book erhältlich



oekom.de

DIE GUTEN SEITEN DER ZUKUNFT



# Psychische Ressourcen aufspüren

*»Seelische Ressourcen können sich regenerieren – bis die Grenze zum Raubbau überschritten wird.«*

Wolfgang Schmidbauer

Der moderne Mensch betreibt doppelten Raubbau – an seinen physischen wie psychischen Ressourcen. Zu Übernutzung unserer Um-Welt gesellt sich eine lähmende Erschöpfung des Ich. Wolfgang Schmidbauer zeigt, wie wir dem »Überdruß mit dem Überfluß« entkommen können.

Wolfgang Schmidbauer

## Raubbau an der Seele

**Psychogramm einer überforderten Gesellschaft**



oekom verlag, München  
240 Seiten, Hardcover mit Schutzumschlag, 22,- Euro  
ISBN: 978-3-96006-009-3  
Erscheinungstermin: 07.08.2017  
Auch als E-Book erhältlich



oekom.de

DIE GUTEN SEITEN DER ZUKUNFT

