

**Johannes Weyer**

**EXPERIMENTELLE SOZIOLOGIE**

**DER BEITRAG DER COMPUTERSIMULATION ZUR**

**WEITERENTWICKLUNG DER SOZIOLOGISCHEN THEORIE**

**Soziologisches Arbeitspapier Nr. 35/2013**

**Herausgeber**

**Prof. Dr. H. Hirsch-Kreinsen**

**Prof. Dr. J. Weyer**



# **Experimentelle Soziologie**

## **Der Beitrag der Computersimulation zur Weiterentwicklung der soziologischen Theorie**

**Johannes Weyer**

**Arbeitspapier Nr. 35 (Oktober 2013)**

ISSN 1612-5355

## **Herausgeber:**

Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Lehrstuhl Wirtschafts- und Industriesoziologie  
is@wiso.tu-dortmund.de  
www.wiso.tu-dortmund.de/is

Prof. Dr. Johannes Weyer  
Fachgebiet Techniksoziologie  
johannes.weyer@tu-dortmund.de  
<http://www.wiso.tu-dortmund.de/ts>

Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät  
Technische Universität Dortmund  
D-44221 Dortmund

## **Kontakt:**

is@wiso.tu-dortmund.de

Die Soziologischen Arbeitspapiere erscheinen in loser Folge. Mit ihnen werden Aufsätze (oft als Preprint), sowie Projektberichte und Vorträge publiziert. Die Arbeitspapiere sind daher nicht unbedingt endgültig abgeschlossene wissenschaftliche Beiträge. Sie unterliegen jedoch in jedem Fall einem internen Verfahren der Qualitätskontrolle. Die Reihe hat das Ziel, der Fachöffentlichkeit soziologische Arbeiten aus der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität Dortmund vorzustellen. Anregungen und kritische Kommentare sind nicht nur willkommen, sondern ausdrücklich erwünscht.

# Inhalt

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Sozialwissenschaftliche Experimente – ein Überblick.....</b>	<b>8</b>
2.1 Laborexperimente .....	9
2.2 Gedanken-Experimente .....	9
2.3 Online-Laboratorien .....	10
2.4 Realexperimente .....	11
2.5 Simulator-Experimente .....	12
2.6 Simulationsexperimente .....	12
2.7 Fazit .....	16
<b>3. Erkenntnisfortschritt durch Simulations-Experimente? .....</b>	<b>17</b>
3.1 Experimentelle Überprüfung soziologischer Großtheorien? .....	17
3.2 Der Beitrag der Computersimulation zur Theorie-Entwicklung .....	18
3.3 Modellierung und Abstraktion .....	19
<b>4. Fazit.....</b>	<b>20</b>
<b>5. Literatur.....</b>	<b>21</b>

## Abstract

Die folgende Abhandlung gibt einen Überblick über unterschiedliche Formen des Experiments in den Sozialwissenschaften, der von Laborexperimenten über Realexperimente bis hin zu Simulationsexperimenten reicht, um dann die Frage zu stellen, welche Funktion Experimente für den Erkenntnisfortschritt und die Theoriebildung in der Soziologie haben können. Zwar muss die Erwartung einer Validierung von Modellen bzw. einer Überprüfung von Theorien durch Experimente enttäuscht werden. Dennoch – so die These des vorliegenden Beitrags – stellt die Methode der Computersimulation eine Bereicherung des Methodenarsenals der Soziologie dar, da mit ihrer Hilfe soziologisch fundierte Modelle sozialer Systeme konstruiert werden können, die es ermöglichen, Strukturdynamiken sozialer Systeme experimentell zu untersuchen. Vor allem kann die Computersimulation dazu beitragen, die „Emergenzlücke“ soziologischer Mikro-Makro-Modelle schließen, die sich in einer systematischen Unterbelichtung der Prozesse der Aggregation von Einzelhandlungen zu einem systemischen Ganzen niederschlägt

# 1 Einleitung

In der Physik, in der Psychologie und in vielen anderen Fächern ist es eine Selbstverständlichkeit, im Rahmen wissenschaftlicher Forschung auch Experimente durchzuführen, deren Zweck es ist, in kontrollierten Versuchen theoretisch generierte Hypothesen zu überprüfen. Auch in der Ökonomie spielt das Experiment eine immer wichtigere Rolle, beispielsweise wenn es um die Frage geht, ob sich reale Akteure so verhalten, wie es das Modell des Homo oeconomicus postuliert – mit dem wenig überraschenden Ergebnis, dass es den Homo oeconomicus zwar gibt, aber nicht alle Akteure egoistisch-nutzenmaximierend handeln, sondern ein relevanter Teil eine eher kooperative Orientierung hat (Ostrom 2000).

Die Soziologie kennt zwar Gruppenexperimente, Krisenexperimente oder Quasi-Experimente (Kühl 2009), aber sie ist von ihrem Selbstverständnis her keine experimentelle Wissenschaft. Sofern sie empirisch arbeitet, basieren ihre Erkenntnisse vielmehr weitgehend auf den etablierten Methoden der quantitativen Sozialforschung (z.B. in Form von Befragungen) oder der qualitativen Sozialforschung (z.B. in Form von Fallstudien) bzw. einer Kombination beider Verfahren im Rahmen von Mixed-method-Ansätzen (vgl. u.a. Wilkesmann 2009).

Beide Methoden haben ihre Vor- und Nachteile: Mit Hilfe quantitativer Methoden kann man große Datenmengen statistisch verarbeiten; allerdings sagen Korrelationen von Variablen wenig über die Wirkungsweise sozialer Mechanismen. Qualitative Methoden liefern hingegen dichte Beschreibungen von Einzelfällen, sehen sich aber mit der Gefahr des „Story-telling“ und der mangelnden Fähigkeit zur Generalisierung ihrer Befunde konfrontiert (Hedström/Swedberg 1996).

In beiden Fällen gibt es im Rahmen des etablierten Methoden-Kanons keine Möglichkeiten, die durch quantitative oder qualitative Verfahren gewonnenen Erkenntnisse experimentell zu überprüfen, d.h. weiterführenden Tests zu unterwerfen, in denen die Ergebnisse systematisch kontrolliert werden. Ein weiteres Manko eint darüber hinaus die beiden Methoden: Sie können die dynamischen Prozesse nicht abbilden, die sich in sozialen Systemen abspielen und die diagnostizierten emergenten Phänomene hervorbringen. Eine Aneinanderreihung statistischer Einzelbefunde in Form von Zeitreihen oder ein Vergleich von Netzwerkkonfigurationen zu unterschiedlichen Zeitpunkten (Höpner/Krempel 2004) ist nur ein erster Schritt, der jedoch die Frage offenlässt, wie sich die Veränderungen vollzogen haben.

Seit etwa 15 Jahren hat sich daher, ausgelöst unter anderem durch das Modell „Sugar-scape“ (Epstein/Axtell 1996), die agentenbasierte Modellierung und Simulation (ABMS) sozialer Systeme am Computer als eine Methoden-Alternative auch in der Sozialwissenschaften etabliert, die sich an zwei Punkten von den etablierten Methoden abhebt:

- Sie propagiert Simulations-Experimente als eine Methode der Sozialwissenschaften, mit deren Hilfe – ähnlich wie in den Naturwissenschaften – einzelne Variablen eines komplexen Settings gezielt verändert und die entstehenden Ef-

fekte unter kontrollierten Bedingungen beobachtet und analysiert werden können.

- Sie ermöglicht es, dynamische Prozesse der Entwicklung sozialer Systeme und der Emergenz sozialer Strukturen zu beobachten und so die Faktoren zu identifizieren, die für den konkreten Verlauf (bzw. für mögliche alternative Verläufe) verantwortlich sind.

Die folgende Abhandlung gibt zunächst einen Überblick über unterschiedliche Formen des Experiments in den Sozialwissenschaften (Abschnitt 2), der von Laborexperimenten über Realexperimente bis hin zu Simulationsexperimenten reicht, um dann die Frage zu stellen, welche Funktion Experimente für den Erkenntnisfortschritt und die Theoriebildung in der Soziologie haben können (Abschnitt 3). Zwar muss die Erwartung einer Validierung von Modellen bzw. einer Überprüfung von Theorien durch Experimente enttäuscht werden. Dennoch – so die These des vorliegenden Beitrags – stellt die Methode der Computersimulation eine Bereicherung des Methodenarsenals der Soziologie dar, da mit ihrer Hilfe soziologisch fundierte Modelle sozialer Systeme konstruiert werden können, die es ermöglichen, Strukturdynamiken sozialer Systeme experimentell zu untersuchen. Vor allem kann die Computersimulation dazu beitragen, die „Emergenz-Lücke“ soziologischer Mikro-Makro-Modelle schließen, die sich in einer systematischen Unterbelichtung der Prozesse der Aggregation von Einzelhandlungen zu einem systemischen Ganzen niederschlägt. Ein kurzes Fazit (Abschnitt 4) schließt den Beitrag ab.

## 2 Sozialwissenschaftliche Experimente – ein Überblick

Einer Definition von Wolfgang Krohn (2007) zufolge, muss ein Experiment folgende drei Bedingungen erfüllen:

- Isolation: Durch Abgrenzung von der Umgebung lassen sich die „Wirkungen einzelner Einflussfaktoren“ (S. 349) isoliert beobachten, was es zudem ermöglicht, das Experiment unter vergleichbaren Bedingungen zu wiederholen.
- Intervention: Vor dem Hintergrund einer theoretisch fundierten Vermutung über kausale Ursache-Wirkungszusammenhänge, die in Form einer Hypothese formuliert werden können, „[induziert] der Experimentator ... ein bestimmtes Ereignis“ (ebd.), um so sein Wissen über die vermuteten Kausalzusammenhänge zu verbessern.
- Vollständigkeit: Durch die künstliche Experimentalanordnung im geschützten Raum des Labors ist eine gezielte, kontrollierte „umfassende und systematische Variation“ (ebd.) einzelner Parameter möglich.

Das Ziel derartiger Experimente besteht nicht darin, sie lokal zum Funktionieren zu bringen, sondern eine Verallgemeinerung der gewonnenen Erkenntnisse zu ermöglichen, die einen Erkenntnisgewinn für die Wissenschafts-Community insgesamt beinhaltet (vgl. S. 352).

## 2.1 Laborexperimente

Im Fall sozialer Systeme mit mehreren hundert oder tausend Mitgliedern ist es nicht immer einfach, derartige Laborbedingungen für sozialwissenschaftliche Experimente herzustellen. So haben beispielsweise Panikforscher und Mediensoziologen im Juni 2013 Labor-Experimente mit bis zu 2500 Personen durchgeführt, in denen die Dynamik großer Menschenmengen untersucht wurde, um so die Sicherheit von Großveranstaltungen zu verbessern.<sup>1</sup> In diesem Experiment wurde unter anderem untersucht, wie einzelne Individuen sich ihren Weg durch die Menschenmenge bahnen und wie sie dabei mit anderen Individuen interagieren. Zudem wurde erforscht, welche Auswirkungen mündliche oder schriftliche Informationen bzw. Instruktionen auf das Verhalten der Teilnehmer haben. Das Experiment fand in einer Messehalle statt, in der durch Stellwände künstlich Engpässe geschaffen wurden, in denen sich Menschenmengen aus unterschiedlichen Richtungen begegneten.

Studien zur Mensch-Maschine- bzw. Mensch-Roboter-Interaktion verwenden ebenfalls experimentelle Settings – oftmals verbunden mit Beobachtungen im Feld. So hat beispielsweise Sherry Turkle die Begegnung von Menschen und Computern als eine Art Rohrschach-Test genutzt, um etwas über die Persönlichkeit der Versuchspersonen erfahren und vor allem um herauszufinden, welche Gefühle und Verhaltensweisen die Interaktion mit „relational objects“ in ihnen evoziert (Turkle 2005). Zudem hat sie sowohl Kindern als auch Senioren soziale Roboter wie AIBO und PARO zur Verfügung gestellt und deren Reaktionen auf diese Begegnung untersucht (Turkle et al. 2006). Turkles Studien sind also eine Mischung aus Feldforschung im Alltag der Probanden und Laborexperiment; sie hat mit der Verteilung von Roboter-Spielzeug zwar eine gezielte Variation induziert, konnte aber nicht sämtliche Randbedingungen des Experiments systematisch kontrollieren, wie dies im Labor der Fall gewesen wäre.

Etlche Experimente zur Begegnung von Menschen und Robotern im Forschungsfeld „proxemics“ befassen sich mit der Frage, welche räumlichen Distanzen als angenehm empfunden wird und wie sich die ungleichen Partner signalisieren, dass eine Annäherung als zu dicht und damit als unangenehm empfunden wird (Breazeal 2003, Huettnerrauch et al. 2006). Die Versuche haben typischerweise den Charakter klassischer Laborexperimente.

## 2.2 Gedanken-Experimente

Eine Variante der Laborexperimente stellen spieltheoretische Experimente dar, in denen zwei (oder mehrere) Akteure ihre Entscheidungsalternativen vor dem Hintergrund der vermuteten bzw. unterstellten Handlungswahl ihres Gegenübers abwägen – und zwar unter dem strategischen Aspekt der individuellen Nutzenmaximierung. Es handelt sich dabei meist um – stark vereinfachende – Gedankenexperimente, in denen unterschiedliche Interaktions-Konstellationen wie das „Prisoners Dilemma“, das „Assurance Game“ oder das „Chicken Game“ in modellhaften Konstellationen durchge-

---

<sup>1</sup> Projekt „Bausteine für die Sicherheit von Großveranstaltungen“ (BASIGO), [www.fz-juelich.de/ias/jsc/EN/Research/ModellingSimulation/CivilSecurityTraffic/Projects/BaSiGo/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/ias/jsc/EN/Research/ModellingSimulation/CivilSecurityTraffic/Projects/BaSiGo/_node.html). Beteiligt sind das Forschungszentrum Jülich und die Universität Siegen. Im kleineren Maßstab wurden derartige Experimente bereits von Krause et al. (2009) durchgeführt.

spielt werden. Eine Reihe soziologischer Arbeiten basiert auf derartigen Modellen (Scharpf 2000, Schimank 1992, Esser 2000).

Das Ergebnis derartiger Spiel-Konstellationen lässt vorab mathematisch kalkulieren, so dass ein Spiel im eigentlichen Sinne nicht nötig ist. Im Gegensatz dazu enthielten die Experimente, die Robert Axelrod im Rahmen seiner Computer-Turniere durchgeführt hat, eine Dynamisierung der Spiele, weil hier unterschiedliche Strategien zufällig aufeinander trafen, was es unter anderem möglich machte, den langfristigen Erfolg einzelner Strategien in evolutionären Prozessen zu beobachten (1987, 1997). Seine Arbeiten stellen somit eine Brücke zwischen der Spieltheorie und der ABMS dar (siehe Abschnitt 2.6).

### 2.3 Online-Laboratorien

Aktionen und Interaktionen im Internet hinterlassen Datenspuren, die – sofern öffentlich verfügbar – für die Soziologie eine attraktive neue Datenquelle darstellen, weil sich auf diese Weise (nicht-reaktive) Verhaltens- und Verlaufsdaten erheben lassen, die nicht mit den bekannten methodischen Problemen von Befragungsdaten behaftet sind.<sup>2</sup> Christian Stegbauer (2011) hat diese Daten beispielsweise genutzt, um mit Hilfe netzwerkanalytischer Methoden Beziehungsnetzwerke in Wikipedia-Communities zu analysieren und deren Strukturen zu erforschen.

Wie Salganik et al. (2006) gezeigt haben, kann man das Internet aber auch als Online-Laboratorium nutzen, in dem Experimente mit einer großen Zahl von Personen durchgeführt werden können, die dem Typus des Laborexperiments sehr nahe kommen. Salganik et al. wollten herausfinden, in welchem Maße sozialer Einfluss die Präferenzen von Individuen beeinflusst. Zu diesem Zwecke haben sie Popsongs zum Download im Internet angeboten, aber nur Teilgruppen der 14.341 Teilnehmer (unterschiedlich stark) geordnete Hitlisten der bereits heruntergeladenen Titel zur Verfügung gestellt (vgl. Hedström 2006). Diese Form des sozialen Einflusses hatte die erwarteten Folgen für die Präferenzen der Individuen; überraschend war jedoch das kollektive Ergebnis: die von allen Teilnehmer durch deren Downloads gemeinsam generierte Hitliste. Denn dieses Ergebnis war umso schwerer vorherzusehen, je größer der soziale Einfluss war. Die individuelle Entscheidung auf der Mikro-Ebene und die Aggregation der vielen Einzelentscheidungen zur Hitliste auf der Makro-Ebene lassen sich als relativ simpler Mechanismus darstellen; in ihrer Wechselwirkung produzieren sie aber durch eigendynamische Selbstverstärkung kleiner Abweichungen Ergebnisse, die nicht vorhersagbar sind und daher nur experimentell erforscht werden können.

Die Experimente fanden zwar nicht in kompletter Isolation und unter vollständiger Kontrolle des Experimentators statt; diesem Nachteil steht jedoch der methodische Gewinn gegenüber, Prozesse der sozialen Beeinflussung in großen Gruppen und damit die Entstehung von Moden oder Trends experimentell untersuchen zu können.

---

<sup>2</sup> Genau deswegen sind die Datenschützer so beunruhigt, weil man aus derartigen Daten Nutzerprofile, Verhaltensmuster etc. herausdestillieren kann (Schaar 2007, Maurer et al. 2007).

## 2.4 Realexperimente

Die Versuche von Turkle und Salganik et al. bewegen sich dicht an der Grenze zum Realexperiment, das Krohn und Weyer (Krohn/Weyer 1989) als experimentelle Implementierung beschreiben, bei der noch unsicheres, unfertiges Wissen freigesetzt und in Experimenten „mit der gesamten Gesellschaft als Versuchsobjekt“ (Krohn 2007: 343) erprobt wird. Ein typisches Beispiel sind Softwareprogramme, deren Schwachstellen erst im praktischen Einsatz sichtbar werden und die mit Hilfe dieses Feedbacks schrittweise weiterentwickelt werden. Oder Schulversuche, bei denen neue pädagogische Theorien getestet werden, was jedoch nur möglich ist, wenn man sie im Realmaßstab durchführt. Schließlich kann auch die Freisetzung einer radikalen technischen Innovation als Realexperiment interpretiert werden: Im Fall des Airbus A320, des Flugzeugs, das Ende der 1980er Jahre die Ära der computergestützten Fliegerei einläutete, wurde ein Modell der Mensch-Maschine-Interaktion experimentell erprobt, das nach einer Reihe von Unfällen als widerlegt gelten konnte (Weyer 1997).

In Realexperimenten wird die Gesellschaft also mit Risiken belastet, weil die Fiktion nicht mehr gilt, dass nur sicheres Wissen und erprobte Technik freigesetzt wird. Zudem sind die Experimente irreversibel; ihre Folgen lassen sich nicht „entsorgen“ wie im Fall von Laborexperimenten, sondern werden zu Bestandteilen gesellschaftlicher Realität (beispielsweise im Fall von Schulversuchen in Form der dort ausgebildeten Menschen). Aus Sicht der Experimentatoren haben Realexperimente den Vorteil, dass hier Versuche durchgeführt werden können, die im Labor unmöglich wären; sie haben aber zugleich den Nachteil, dass die Randbedingungen des Experiments nur teilweise kontrollierbar sind, weil Realexperimente in oftmals wenig eingrenzenden Kontexten stattfinden (Weyer 1994). Da Realsysteme meist recht komplexe soziale bzw. soziotechnische Systeme sind, ist es nahezu unmöglich, die relevanten Faktoren sauber zu isolieren. Schließlich sind Realexperimente kaum zuverlässig reproduzierbar; eine Überprüfung der Ergebnisse durch Replikation ist daher nicht möglich.

Allerdings sind Realexperimente ein geradezu unverzichtbarer Bestandteil gesellschaftlicher Modernisierungspraktiken; will man die Energiewende oder die Verkehrswende vorantreiben, führt an Feldversuchen kein Weg vorbei, in denen beispielsweise der Einsatz von Elektromobilen und deren Akzeptanz bei Fahrerinnen und Fahrern erforscht wird (Deffner et al. 2012). Damit werden aber irreversible Lern- und Veränderungsprozesse in Gang gesetzt, die die Wirklichkeit verändern, auch wenn sich die untersuchungsleitenden Hypothesen später als fehlerhaft erweisen sollten (Groß et al. 2003).

### *Die ethischen Grenzen von Realexperimenten*

Zudem gibt es ethische Grenzen von Realexperimenten, und zwar immer dann, wenn die physische bzw. psychische Unversehrtheit der Versuchspersonen auf dem Spiel steht bzw. die Zustimmung der Versuchsperson zum Experiment (und dessen möglichen Folgen) nicht gegeben ist (Renner et al. 2012, Kühl 2009). Erziehungsstile an einer großen Gruppe von Heranwachsenden experimentell zu testen, wäre vermutlich kaum möglich. Auch Hochrisiko-Systeme kann man nicht im Realmaßstab testen; es wäre unzulässig, Experimente durchzuführen, bei denen das Risiko eines Blackouts im Stromnetz oder eines Flugzeugabsturzes bestünde.

Es gibt jedoch zwei Möglichkeiten, dieser Problematik zu entgehen, und zwar mit Hilfe von Simulator-Experimenten sowie von Simulationsexperimenten.

## 2.5 Simulator-Experimente

Die Interaktion von Menschen mit technischen Assistenzsystemen wie beispielsweise „Adaptive cruise control“ (ACC) ist in etlichen Simulator-Experimenten untersucht worden. Hier lassen sich riskante Situationen durchspielen, ohne die Versuchspersonen mit den Risiken des Experimentes (z.B. mit Unfällen) zu belasten. Zudem kann der Experimentator die Bedingungen kontrolliert variieren und unterschiedliche Szenarien implementieren.

Stanton et al. (2005) haben untersucht, wie sich das Fahren mit ACC auf die Belastung von Fahrern, auf ihr Situationsbewusstsein („situational awareness“), auf ihr Kontrollempfinden, auf ihr Vertrauen in Technik und auf ihr Stressempfinden auswirkt. Etliche dieser Fragen kann man nicht pauschal beantworten, weil die Dichte des Verkehrs und die Art des Feedbacks, das der Fahrer vom ACC-System erhält, die Effekte erheblich moderieren. So ist beispielsweise das Situationsbewusstsein bei wenig Verkehr und wenig Feedback hoch, fällt dann aber bei viel Verkehr und wenig Feedback stark ab. Das Kontrollempfinden ist überraschenderweise in allen Szenarien recht stabil; es wird offenbar „durch die Automation nicht beeinflusst“ (S. 1308).

Simulator-Experimente haben also den Charakter von Laborexperimenten, in denen sich künstlich generierte Szenarien durchspielen lassen, die die Versuchspersonen nicht mit den Konsequenzen belasten, die ein Experiment in Realkontexten hätte. Hier lassen sich einzelne Faktoren gezielt isolieren und untersuchen. Allerdings sind Simulator-Experimente meist auf eine geringe Zahl von Versuchspersonen beschränkt – und finden daher eher in der psychologischen Human-factors-Forschung beispielsweise im Bereich der Luftfahrt statt, wo das Simulatortraining ein zentraler Bestandteil der Aus- und Weiterbildung ist (Faber 2010).

## 2.6 Simulationsexperimente

Die Interaktion einer großen Menge sozialer Akteure, wie sie für komplexe soziale Systeme typisch ist, lässt sich mit den beschriebenen Experimental-Designs nicht erfassen; die alleinige Ausnahme bildet das Online-Laboratorium von Salganik et al. Dies ist zugleich der einzige Ansatz, der die Wechselwirkung von Prozessen auf der Mikro- und der Makro-Ebene abbildet und es damit ermöglicht, die *dynamische Entwicklung* sozialer Systeme experimentell zu untersuchen, insbesondere wenn nicht-lineare Interaktionen im Spiel sind (z.B. in Form eigendynamischer Selbstverstärkung kleiner Abweichungen).

Auch die agentenbasierte Modellierung und Simulation (ABMS) sozialer Systeme kann dies leisten; sie hat darüber hinaus den Vorteil, dass die Experimente beliebig oft wiederholt und variiert werden können. Ein möglicher Nachteil ist hingegen die Tatsache, dass die Mitspieler virtuelle Agenten und nicht reale Akteure – wie bei Salganik et al. – sind.

AMBS-Modelle simulieren virtuelle Agenten, die durch eine Reihe von Zustandsvariablen gekennzeichnet sind und zudem individuelle Ziele verfolgen. Durch Randomi-

sierung bzw. Typisierung der Eigenschaften und Ziele lassen sich somit *individuelle* Agenten-Charaktere konstruieren, was es ermöglicht, Experimente mit einer großen Zahl heterogener Agenten durchzuführen.

Die Agenten begegnen sich in einer künstlichen Landschaft und interagieren regelbasiert miteinander sowie mit der Landschaft (Epstein/Axtell 1996); sie produzieren auf diese Weise emergente Effekte, die wiederum einschränkende bzw. ermöglichende Voraussetzungen der folgenden Aktionen sind.

#### *KISS versus BDI versus SEU*

Die Handlungslogik der Agenten kann sehr simpel gestrickt sein (KISS-Architektur: „keep it simple, stupid!“) oder auf elaborierten Handlungsmodellen wie BDI (belief – desire – intention) basieren (Bornmann 2010). Es ist einerseits überraschend, wie viel Sozialität sich mit Hilfe einfacher, biologistischer Handlungsmodelle erklären lässt (Epstein/Axtell 1996). Auch ist erstaunlich, dass sich die Komplexität der Makro-Ebene eines sozialen Systems als Resultat von Aktionen der Agenten auf der Mikro-Ebene beschreiben lässt, die oftmals auf wenigen und einfachen Regeln basieren.

Andererseits bleibt es jedoch unbefriedigend, das Handeln sozialer Akteure mit simplen, mechanischen Handlungsschemata zu beschreiben, die der Heterogenität der Akteure und deren unterschiedlichen individuellen Präferenzen nicht gerecht werden. Soziologische Handlungsmodelle, z.B. das Modell der subjektiven Nutzenerwartung (SEU), die sich gut in Software-Code übersetzen lassen, ermöglichen daher eine mikrosoziologische Fundierung von Agentenmodellen, die den Stand der soziologischen Handlungstheorie berücksichtigen und es auch ermöglichen, Phänomene wie das der begrenzten Rationalität nachzubauen (Kron 2006, Fink/Weyer 2011, Lücke et al. 2013a).<sup>3</sup>

#### *Ein Beispiel*

Ein Beispiel für eine ABMS stammt von Chappin und Afman (2013), die das Kaufverhalten von Konsumenten in Bezug auf Leuchtmittel mit Hilfe von Simulationsexperimenten untersucht haben; sie wollten auf diese Weise den Effekt des EU-weiten Verbots traditioneller Glühbirnen am Computer nachbauen, aber auch Alternativ-Szenarien durchspielen, beispielsweise eine progressiv ansteigende Besteuerung der Glühbirne oder eine Subvention von LED-Lampen. Dazu haben sie zunächst ein Modell entwickelt, das Annahmen über das die Präferenzen sowie das Verhalten von Konsumenten enthält und mit Hilfe dieses Modells den real eingetretenen Effekt des Verbots von Glühbirnen reproduziert.

#### *Rekonstruktion*

Ziel von Simulations-Modellen ist es also, in einem ersten Schritt die Mechanismen und Verhaltensregeln zu finden, mit denen sich eine komplexe Realität so nachbauen lässt (Nikolic/Kasmire 2013: 53), dass real auftretende Effekte am Computer zumindest annähernd rekonstruiert werden können. Es geht also nicht um Strukturbeschreibungen auf der Makro-Ebene, sondern um das Aufspüren generativer Mechanismen

---

<sup>3</sup> Zur Frage der Einfachheit oder Komplexität von Computermodellen sozialer Systeme siehe auch Abschnitt 3.3.

auf der Mikro-Ebene der Aktionen und Interaktionen von Agenten, die einen emergenten Systemzustand auf der Makro-Ebene erzeugen (Epstein 2007, Bornmann 2010) – und zwar auf reproduzierbare Weise.

#### *Die Emergenz-Lücke*

Die meisten soziologischen Theorien haben gerade an diesem Punkt Defizite. So enthält beispielsweise das Esser'sche Modell soziologischer Erklärung (1993) detailliert ausformulierte Beschreibungen der Prozesse der Situationswahrnehmung („Logik der Situation“) sowie der Handlungswahl („Logik der Selektion“), bedenkt jedoch die Transformation individueller Entscheidungen in strukturelle Effekte auf der Makro-Ebene („Logik der Aggregation“) nur mit wenigen Worten. Esser selbst hat bereits 1991 darauf hingewiesen, dass diese Leerstelle seines Modells mit Hilfe von Computersimulationen gefüllt werden könnte (Esser 1991: 41, vgl. Bornmann 2010: 27).

Simulationsexperimente können somit – indirekt – auch einen Beitrag zur Weiterentwicklung soziologischer Theorien leisten, indem sie einen Weg aufzeigen, wie man diese Emergenz-Lücke schließen könnte, nämlich indem man die von der Theorie postulierten Phänomene und Mechanismen als Ausgangspunkt für die Entwicklung eines Computermodells nimmt und die Experimente so lange variiert, bis man die Mechanismen gefunden hat, die das zu erklärende Phänomen hervorbringen.

#### *Szenarien und Wirkungen von Interventionen*

Das Beispiel von Chappin und Afman, aber auch Simulationsexperimente zur europäischen Forschungsförderung (Gilbert et al. 2010) oder zur Steuerung von Verkehrssystemen (Lücke et al. 2013a) zeigen jedoch, dass Simulationsexperimente über die Rekonstruktion realer sozialer Systeme hinaus folgende zwei Optionen eröffnen:

- Sie eignen sich für die Entwicklung von Szenarien, in denen die Systementwicklung unter veränderten Bedingungen durchgespielt wird, z.B. unter der Voraussetzung, dass die Glühbirne in der EU nicht verboten, sondern höher besteuert wird.
- Damit eng zusammenhängend, ermöglichen sie es, die Wirkung steuernder *Interventionen* in soziale Systeme auszutesten, wenn beispielsweise in einem Verkehrsszenario steuernd eingegriffen wird, sobald bestimmte Grenzwerte (z.B. für Luftverschmutzung) überschritten sind.

In beiden Fällen geht es nicht um möglichst realitätsnahe Systeme, sondern um die Exploration erdachter Szenarien (Nikolic et al. 2013) – mit dem Unterschied, dass im ersten Fall die Startbedingungen verändert werden, das Experiment dann aber analog verläuft, während im zweiten Fall in das laufende Experiment eingegriffen wird (sei es durch einen automatischen Algorithmus, sei es durch eine menschliche Versuchsperson, deren Aufgabe es ist, das System zu steuern). Derartige explorative Verfahren haben den Vorteil, dass auf diese Weise unerwartete, überraschende Zusammenhänge entdeckt werden können, die dem Experimentator zuvor nicht bekannt waren. Zwei Beispiele aus eigenen Projekten mögen dies illustrieren:

### *Hybride Interaktion*

So haben beispielsweise Simulationsexperimente, die Fink und Weyer (2011) durchgeführt haben, die überraschende Erkenntnis erbracht, dass menschliche Versuchspersonen, die gemeinsam mit einem technischen Assistenzsystem eine simulierte Fahraufgabe (Steuerung eines Autos) bewältigen sollen, sich der Zuständigkeit für die Verfolgung bestimmter *Ziele* (z.B. Unfallvermeidung) entledigen, wenn dem Assistenzsystem bestimmte *Aufgaben* (z.B. das Lenken des Fahrzeugs) übertragen wurden. Derartige Zusammenhänge eines überzogenen Vertrauens in Technik sind zwar im Fokus der psychologischen Human-factors-Forschung (Manzey 2008); dass man sie aber im Fall hybrider Systeme mit Mitteln der soziologischen Handlungstheorie reproduzieren (und weiter untersuchen) kann, ist ein Resultat, das nur mit Hilfe soziologisch fundierter Simulationsexperimente generiert werden konnte.

### *Governance-Modi*

Experimente zur Steuerung eines komplexen Verkehrssystems, die Lücke et al. (2013) durchgeführt haben, konnten nachweisen, dass der Erfolg von Governance nicht ausschließlich von der Wahl des Governance-Modus (harte Steuerung, weiche Steuerung, dezentrale Koordination) abhängt, sondern auch von der Zusammensetzung der Agentenpopulation. Besonders gut schnitt dabei die Kombination von weicher Steuerung und einem Agenten-Mix ab, bei dem der Anteil „folgsamer“ Fahrer (die sich, anders als „Sturköpfe“, durch Anreize beeinflussen lassen) etwas höher ist als in realitätsnahen Mischungen. Durch Wechsel auf harte Steuerung verschlechterte sich das Ergebnis deutlich.

Derartige Ergebnisse, die „quer“ zu den Themen der Governance-Forschung stehen, müssen zweifellos durch weitere Studien überprüft und in veränderten Szenarien erhärtet werden. In Anbetracht einer ernüchternden Bilanz jahrzehntelange Governance-Forschung (Grande 2012) zeigt die Methode der Computersimulation jedoch Wege auf, wie man bislang unbeantwortete Fragen, etwa die der Effektivität von Governance, aus einer veränderten Perspektive bearbeiten und systematisch erforschen kann. Auf diese Weise lassen sich gegebenenfalls neue Antworten finden und neue Erkenntnisse generieren, zu denen die Governance-Forschung, die überwiegend mit qualitativen Methoden arbeitet, bislang nicht gelangt ist.

### *Transformation komplexer Systeme*

Mit Hilfe der Methode der Computersimulation lassen sich also „What-if“-Szenarien studieren und die Wirkungen von Interventionen in komplexe soziale bzw. soziotechnische Systeme analysieren. Damit werden auch Fragen nach den Bedingungen und Möglichkeiten der Transformation derartiger Systeme experimentell bearbeitbar, beispielsweise wenn es um die Frage geht, welche Maßnahmen ergriffen werden müssten, um eine Verkehrswende herbeizuführen, also das Regime des Verbrennungsmotors zu überwinden und auf alternative Mobilitätskonzepte umzusteigen (Stegmaier et al. 2012). Ob steuerliche Anreize oder Kaufprämien für Elektromobile ein erfolgversprechender Weg sind, oder ob man die Nutzung von Autos mit Verbrennungsmotor verteuern sollte – all dies sind Fragen, die man *in realitas* nicht untersuchen kann, zumindest nicht im Sinne eines Experiments mit ungewissem Ausgang, das im Falle eines Scheiterns prinzipiell rückgängig gemacht werden kann und zudem keine uner-

wünschten Folgen hinterlässt. Grundsätzlich wäre es zwar denkbar, großflächige Realexperimente zur Verkehrswende oder zur Energiewende durchzuführen; aber deren Kosten und Risiken wären immens – und der Schaden im Fall eines Fehlschlags enorm.

Mit Hilfe von Computersimulationen lassen sich hingegen die Effekte von Interventionen in komplexe soziale bzw. sozio-technische Systeme untersuchen, ohne dass irreversible Folgen entstehen.<sup>4</sup> Dies ist mit kaum einer anderen Methode machbar. Derartige Experimente sind zwar keine Tests soziologischer Theorien i.e.S. (vgl. Abschnitt 3); dennoch helfen sie, unser Verständnis komplexer Systeme zu verbessern, ihre Strukturdynamiken zu verstehen und zu begreifen, wie sich veränderte Randbedingungen (z.B. in Folge steuernder Eingriffe) auf die Systementwicklung auswirken (vgl. Nikolic et al. 2013: 74f.).

## 2.7 Fazit

Wie der Überblick über verschiedene Experiment-Typen zeigt, ist auch in der soziologischen Forschung eine experimentelle Orientierung durchaus vorhanden. Die drei Kriterien der Isolation, Intervention und Vollständigkeit (Krohn 2007) werden aber nur von Simulationsexperimenten erfüllt (zumindest wenn man komplexe soziale Systeme als Untersuchungsgegenstand definiert); nur in diesem Fall lassen sich alle Parameter kontrolliert durch den Experimentator variieren und die Effekte derartiger Eingriffe isoliert beobachten.

Soziologische Experimente finden allerdings vorwiegend in Randgebieten des Fachs statt, z.B. in Forschungen zur Mensch-Roboter-Interaktion, also in Gebieten, in denen die Soziologie mit anderen Wissenschaften wie der Psychologie, der Verkehrsforschung, der Informatik oder mit ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen kooperiert, die ohnehin eine stärker experimentelle Orientierung besitzen.

In den Kernbereichen der Soziologie, z.B. in der Organisationssoziologie, der Steuerungstheorie oder gar der soziologischen Theorie, stößt man hingegen nur vereinzelt auf Experimente als Instrumente soziologischer Forschung. Der Versuch des Soziomatik-Programms (1999 bis 2006), auf Basis von „Großtheorien“ (Bourdieu, Luhmann etc.) Simulations-Experimente zu konzipieren, ist eine der wenigen Ausnahmen (Malsch 1997, Kron 2002).

Dies wirft die Frage auf, welchen Stellenwert Experimente für die soziologische Theorie-Entwicklung besitzen bzw. besitzen könnten.

---

<sup>4</sup> Im Gegensatz zu Experimenten, die Dietrich Dörner in den 1980er Jahren durchgeführt hat, geht es bei derartigen Experimenten nicht darum, die Unzulänglichkeiten menschlicher Intervention in komplexe Systeme nachzuweisen (Dörner 2003), sondern Wege auszuloten, wie das Management komplexer Systeme gelingen kann.

### 3 Erkenntnisfortschritt durch Simulations-Experimente?

Der folgende Abschnitt befasst sich mit der Frage, welchen Stellenwert Experimente für den Erkenntnisfortschritt der Soziologie haben, vor allem aber ob eine experimentelle Überprüfung soziologische Theorien möglich ist.

#### 3.1 Experimentelle Überprüfung soziologischer Großtheorien?

Ein Blick in soziologische Großtheorien mit gesellschaftstheoretischer Programmatik (Luhmann, Habermas, Beck u.a.m.) zeigt zunächst, dass diese zumeist nicht mit Blick auf eine empirische Überprüfbarkeit konstruiert sind. Die Systemtheorie Luhmann'scher Prägung behauptet beispielsweise die operative Geschlossenheit sozialer Systeme (Luhmann 1984), hat sich aber nicht darauf festgelegt, welche empirischen Evidenzen sie als Gegenbeweis akzeptieren würde. Dies hatte zum einen zur Konsequenz, dass gegenläufige empirische Indizien beispielsweise im Fall von Forschungssteuerung (van den Daele et al. 1979, Krohn/Küppers 1989) nicht als Einwände akzeptiert wurden. Zum anderen blieben Dispute wie beispielsweise die Debatte zwischen Niklas Luhmann und Renate Mayntz (1987) über die Steuerbarkeit sozialer Systeme jahrzehntelang unentschieden.

Könnte man derartige Debatten mit Hilfe soziologischer Experimente beenden? Oder etwas bescheidener formuliert: Könnte man auf diese Weise Wege aufzeigen, wie derartige Kontroversen entscheidbar gemacht werden könnten?

Die Antwort auf diese Fragen, wie man sie beispielsweise bei Popper (1966) findet, lautet: Mit Hilfe von Experimenten überprüft man Basissätze, die aus einer wissenschaftlichen Theorie abgeleitet wurden, und produziert so Evidenzen, die zur Falsifikation der Theorie beitragen können. Damit dieses experimentelle Verfahren greifen kann, müssen Theorien jedoch empirisch überprüfbare Aussagen enthalten.

Überprüft werden also nicht abstrakte Theoreme, sondern aus ihnen abgeleitete Modelle, die Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Faktoren postulieren, welche sich als Mechanismen beschreiben lassen. Eine forschungsleitende Hypothese enthält typischerweise Behauptungen über derartige Zusammenhänge. Da soziologische Großtheorien jedoch meist „oberhalb“ der Ebene konkreter Mechanismen enden, müssen die Erwartungen bezüglich einer experimentellen Überprüfung derartiger Theorien eingeschränkt werden.

Große Forschungsprogramme immunisieren sich zudem gegen eine Falsifikation: Die Widerlegung einer Hypothese lässt zwar Zweifel an der zugrundeliegenden Theorie aufkommen, bringt aber nicht das gesamte Theoriegebäude sofort zum Einsturz (Lakatos 1974).

#### *Die soziale Konstruktion von Fakten*

Die Arbeiten des Laborkonstruktivismus (Knorr 1984, Latour 1983) haben darüber hinaus gezeigt, dass jegliche Beobachtung theorieabhängig ist, es also keine von der Theorie losgelösten Fakten gibt, die als Evidenzen bzw. Gegenevidenzen fungieren könnten. Zudem werden die Fakten im Labor erzeugt, und zwar auf eine Weise, die

weniger dem traditionellen Bild der Entdeckung, sondern mehr dem sozialkonstruktivistischen Bild der „Fabrikation von Erkenntnis“ (Knorr) entspricht. Experimente dienen diesem Verständnis zufolge also nicht der Überprüfung von Theorien, sondern der Erzeugung von Fakten, die dann im Diskurs der wissenschaftlichen Gemeinschaft „gehärtet“ werden (Krohn/Küppers 1989).

Experimente sind somit kein von der Theorie unabhängiges Instrument, mit dessen Hilfe sich wissenschaftliche Theorien – im Popper’schen Sinne – überprüfen und ggf. falsifizieren lassen. Die Praxis der Laborexperimente ist vielmehr unauflösbar mit theoretischen Vorannahmen und der ideosynkratischen Produktion von Fakten verknüpft. Theorieunabhängige Experimente sind demnach nicht möglich, da die technischen Apparaturen, die zur Durchführung von Experimenten entwickelt wurden, bereits auf theoretischen Vorannahmen basieren.

### 3.2 Der Beitrag der Computersimulation zur Theorie-Entwicklung

Auch die Erkenntnisse des Laborkonstruktivismus schränken die Erwartungen ein, die man an eine Methode wie die Computersimulation richten sollte. Allerdings greift es zu kurz, wenn man die experimentelle Soziologie lediglich als eine Methode zur Überprüfung von Theorien betrachtet. Denn ihr Potenzial liegt darüber hinaus auch im Bereich der Weiterentwicklung der soziologischen Theorie.

Die Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation sozialer Systeme versteht sich dezidiert als ein generativer Ansatz, dessen primäres Ziel es ist, soziale bzw. sozio-technische Systeme am Computer zu „züchten“ (Epstein/Axtell 1996). Dazu werden die Regeln und Mechanismen insbesondere auf der Mikro-Ebene identifiziert und modelliert, mittels derer die zu erklärenden Makro-Phänomene simulativ erzeugt werden können. Für Epstein und Axtell ist eine gute Erklärung eines kollektiven sozialen Phänomens mehr als nur eine Beschreibung des Makro-Phänomens; sie beinhaltet stets auch die Angabe der Mechanismen, die das betreffende Phänomen generieren. Und damit liegen sie auf einer Linie mit den Ansätzen von Coleman (1995), Esser (1993) oder Schimank (2010), die ebenfalls auf Mikro-Makro-Modellen basieren. Diese Modelle erklären Struktur dynamiken sozialer Systeme durch die Wechselwirkung zwischen der Makro-Ebene des Systems und der Mikro-Ebene des Akteurs, wobei insbesondere Schimank den Fokus auf die emergenten Effekte des „handelnden Zusammenwirkens“ der Akteure legt.

#### *Generative Mechanismen*

Die Computersimulation richtet ihr Augenmerk also auf die generativen Mechanismen, die in sozialen Systemen wirken. Damit „unterläuft“ sie in gewisser Weise die im vorherigen Abschnitt (3.1) diskutierten Argumente. Denn die Daten und Fakten, die mit Hilfe von Simulations-Experimenten erzeugt werden, sind von vornherein nicht als (theorie-)unabhängige empirische Evidenzen konzipiert, sondern werden dezidiert als Konstrukte aufgefasst, die im Computer-Labor generiert werden – und zwar Basis eines theoretischen Mikro-Makro-Modells (mit mehr oder minder detailliertem soziologischem Unterbau).

Die experimentelle Soziologie sieht Experimente folglich nicht als eine unabhängige Instanz zur Überprüfung sozialwissenschaftlicher Theorien an, sondern als ein In-

strument soziologischer Forschung, dessen Funktion es ist, Modelle sozialer Systeme „zum Laufen zu bringen“ und durch gezielte Variation die Plausibilität bestimmter Modellannahmen zu testen.

Eine Computersimulation lässt sich somit als eine im Computer implementierte Theorie beschreiben: allgemeine Annahmen der soziologischen Theorie werden zu einem Modell eines sozialen Systems verdichtet, das Mechanismen enthält, die so weit formalisiert sind, dass sie in ein Computerprogramm überführt werden können (Lepperhoff 2000). Dieses Programm wird als Abbild *in silico* eines modellhaft konstruierten sozialen Systems genutzt, das eine Entsprechung in der Realität haben kann, aber nicht haben muss (dazu mehr in Abschnitt 3.3).

Mit Hilfe von Computersimulationen lassen sich also soziologische Hypothesen testen, die auf Modellannahmen über das Verhalten komplexer Systeme basieren. Zudem kann man auf diese Weise die Wechselwirkungen zwischen der Mikro-Ebene individueller Entscheidungen und der Makro-Ebene emergenter Strukturen erforschen und dynamische Prozesse in sozialen Systemen analysieren. Damit leistet sie einen Beitrag, die Emergenz-Lücke in soziologischen Mikro-Makro-Modellen zu schließen.

### 3.3 Modellierung und Abstraktion

Schließlich stellt sich die Frage, ob Simulationsmodelle reale soziale Systeme möglichst wirklichkeitsgetreu abbilden sollen, um auf diese Weise Aussagen über die Funktionsweise von Realsystemen zu generieren. Dies hätte auch den Vorteil, dass sich die per Simulation generierten Daten anhand von Realdaten validieren lassen; zudem ließen sich die Erkenntnisse, die im Rahmen von Simulationen gewonnen wurde, auf das Realsystem übertragen, beispielsweise in Form gestaltender Eingriffe in reale soziale Prozesse.

Allerdings wären die Ergebnisse der Simulation konkreter Realsysteme aufgrund der Spezifika des konkreten Falls nur schwer verallgemeinerbar. Wolfgang Krohn hat für den Fall von Realexperimenten ein Spannungsfeld von Nomothetik und Ideografie markiert (2007), das in ähnlicher Weise auch für die Computersimulation sozialer Systeme zutrifft. Denn auch diese hat prinzipiell zwei Optionen:

- Sie kann eher auf die Generalisierung allgemeiner Erkenntnisse über die Dynamik sozialer Systeme zielen (Nomothetik)
- oder eine möglichst realitätsnahe Gestaltung von Einzelfällen anstreben (Ideografie).

Beide Optionen sind plausibel und machbar. Wenn allerdings Computersimulation einen Beitrag zur soziologischen Theorie-Entwicklung leisten will, muss sie notwendigerweise den Weg der Verallgemeinerung gehen. Denn wissenschaftliche, theoriebasierte Modelle beinhalten stets eine Reduktion; sie abstrahieren von den konkreten Details des Gegenstands und fokussieren auf wesentliche Merkmale bzw. Prozesse (Gilbert 2007a, Bornmann 2010, Van Dam et al. 2013). Eine Eins-zu-eins-Abbildung eines realen Systems wäre daher kein gangbarer Weg, um zu generalisierbaren Aussagen über soziale Mechanismen und Strukturdynamiken zu gelangen.

Umgekehrt gilt aber: Je mehr die Simulation abstrahiert und je mehr sie auf basale Mechanismen reduziert, desto schwieriger wird es, sie anhand von Realdaten zu vali-

dieren. Jeder Einzelfall hat seine Spezifika, die in abstrakten Modellen tendenziell verschwinden (müssen). Simulationsmodelle befinden sich daher stets auf einer schmalen Gratwanderung zwischen übermäßiger Vereinfachung und unabdingbarer Komplexität des Modells; hierfür gibt es kein Patentrezept.

#### *Die Validität von Experimenten*

Das Problem der Validität von Experimenten lässt sich also auf die Fragen zuspitzen, a) ob die Erkenntnisse, die in Simulationen gewonnen wurden, auf Realsysteme übertragbar sind, und umgekehrt: b) ob ein Abgleich mit Realdaten erforderlich ist, um die Ergebnisse von Simulationen zu validieren. Wäre dies nicht möglich, sähen sich Simulationsexperimente dem Verdacht ausgesetzt, außer „artifiziellen Spielereien“ nichts Verwertbares zu erbringen und sich zudem einer unabhängigen Überprüfung an der Wirklichkeit zu entziehen.

(a) Zur Übertragbarkeit von Erkenntnissen, die an abstrakten Modellen und künstlichen Szenarien gewonnen wurden, gilt zunächst, dass der Erkenntniswert derartiger Modelle vor allem darin liegt, unser Wissen über grundlegende soziale Mechanismen zu erweitern und nicht rezepthafte Vorschläge für konkrete Einzelfälle zu entwickeln. Simulationen haben den unschlagbaren Vorteil, dass man das Modell am Computer laufen lassen und so das Verhalten eines sozialen Systems unter unterschiedlichen (im Experiment gesetzten) Bedingungen studieren kann. Die Erkenntnisse, die man auf diese Weise gewinnen kann (beispielsweise über nicht effektive Interventionsstrategien), können bei der Bewältigung realer Steuerungsprobleme eine Quelle der Inspiration sein (Resnick 1995). Aber eine direkte Übertragung der Erkenntnisse ist kaum möglich.

(b) Die Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation eignet sich vor allem dazu, Annahmen über das Verhalten sozialer Systeme auf ihre Plausibilität hin zu untersuchen und Prozesse der Emergenz, aber auch der Pfadabhängigkeit sozialer Systeme zu studieren. Im Falle von Simulationen, die auf eine Reproduktion realer Systeme zielen, ist eine Validierung in Form eines Abgleichs mit Realdaten durchaus möglich (Gilbert 2007b). Dies gilt insbesondere bei der Abbildung historischer Prozesse, wenn also auf Basis von Daten aus der Vergangenheit der gegenwärtige Ist-Zustand simulativ rekonstruiert wird. Eine derartige Überprüfung des Modells sowie dessen Korrespondenz mit einem Realsystem ist jedoch bei fiktiven Szenarien nicht möglich (Nikolic et al. 2013: 127). Und hierin liegt ja ein entscheidender Vorzug von Simulationsexperimenten, auch „What-if“-Szenarien untersuchen und damit quasi in die Zukunft schauen zu können.

## **4 Fazit**

Die experimentelle Soziologie versteht also Experimente als ein Verfahren, das neben der gezielten Bearbeitung konkreter Fragestellungen auch zur Weiterentwicklung soziologischer Theorien beitragen soll – wohl wissend, dass a) wissenschaftliche Theorien im strengen Sinne nicht testbar sind und b) Experimente allenfalls begrenzt anhand von Realdaten validiert werden können.

ABMS-Modelle enttäuschen damit auch die Erwartung, soziale Wirklichkeit *in silico* in einer Weise abzubilden, dass die Wirklichkeit als Test des Modells und seiner Vorhersagen verwendet werden kann. Ihr Wert liegt weder in der Abbildung von Realität noch in der experimentellen Überprüfung soziologischer Theorien, sondern vielmehr in der Fähigkeit, reale Systeme in abstrahierter Weise als Modell zu konstruieren (bzw. fiktive Szenarien sozialer Systeme zu entwickeln), um mit Hilfe von Computersimulation die Dynamiken sozialer Systeme zu untersuchen und modellgestützte Annahmen über deren Verhalten zu testen.

Ihr primäres Ziel liegt in der Identifikation generativer sozialer Mechanismen, mit deren Hilfe sich ein soziales System am Computer so nachbauen lässt, dass es sich ähnlich verhält wie ein vergleichbares soziales System in der Realität. Soziale Mechanismen sind die basalen Bausteine einer soziologischen Theorie, die einen systematischen und reproduzierbaren Zusammenhang zwischen einer Ursache und einer Wirkung postulieren (Hedström/Swedberg 1996), welcher sich experimentell überprüfen lässt.

Alle agenten-basierten Modelle sozialer Systeme beinhalten mehr oder weniger elaborierte, komplexe und detaillierte soziale Mechanismen in diesem Sinne, die unter anderem in das Akteurmodell, die Interaktionsregeln sowie die Aggregationsverfahren einfließen.

Ziel von Simulationsexperimenten ist es, Mechanismen zu identifizieren, die unabhängig vom konkreten Fall gelten. Über eine schrittweise Generalisierung derartiger Befunde ist es dann möglich, ein soziologisch fundiertes, allgemeingültiges Modell komplexer sozialer Systeme zu entwickeln, das ein Verständnis der Struktur-dynamiken vermittelt, die sich aus den Wechselwirkungen von zielgerichteten Handlungen auf der Mikro-Ebene und emergenten strukturellen Tatsachen auf der Makro-Ebene ergeben.

Insofern ist Computersimulation mehr als nur eine neue Methode; sie ist auch ein Beitrag zur Weiterentwicklung der soziologischen Theorie – vor allem in Form der Konzentration auf die Emergenz-Lücke. Oder in den Worten von Epstein:

“Agent-based models provide computational demonstrations that a given microspecification is in fact sufficient to generate a macrostructure of interest. (...) Thus, the motto of generative social science, if you will, is: If you didn’t grow it, you didn’t explain its emergence.“ (2007: 8)

## 5 Literatur

- Axelrod, Robert, 1987: *Die Evolution der Kooperation*. München: Oldenbourg.
- , 1997: *The Complexity of Cooperation. Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton, NJ: Princeton UP.
- Bornmann, Lutz, 2010: Die analytische Soziologie: Soziale Mechanismen, DBO-Theorie und Agentenbasierte Modelle. In: *Österreichische Zeitschrift für Soziologie* 35 (4): 25-44, <http://link.springer.com/article/10.1007/s11614-010-0076-6>.
- Breazeal, Cynthia L., 2003: Toward sociable robots. In: *Robotics and Autonomous Systems* 42 (3): 167-175.
- Chappin, E.J.L./Maarten R. Afman, 2013: An Agent-Based Model of Consumer Lighting. In: Koen H. Van Dam/Igor Nikolic/Zofia Lukszo (Hg.), *Agent-Based Modelling of Socio-Technical Systems* Springer, 181-200.

- Coleman, James S., 1995: *Grundlagen der Sozialtheorie. Handlungen und Handlungssysteme. Band 1.* München: Oldenbourg.
- Deffner, Jutta et al., 2012: Elektrofahrzeuge in betrieblichen Fahrzeugflotten– Akzeptanz, Attraktivität und Nutzungsverhalten. In: *Ergebnisbericht im Rahmen des Projekts Future Fleet. Frankfurt am Main. ISOE–Institut für sozial-ökologische Forschung.*
- Dörner, Dietrich, 2003: *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen.* Reinbek: Rowohlt.
- Epstein, Joshua M., 2007: *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling.* Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Epstein, Joshua M./Robert Axtell, 1996: *Growing Artificial Societies. Social Science from the Bottom Up.* Washington, D.C.: Brookings Inst. Press.
- Esser, Hartmut, 1991: *Alltagshandeln und Verstehen. Zum Verhältnis von erklärender und verstehender Soziologie am Beispiel von Alfred Schütz und 'Rational Choice'.* Tübingen: Mohr.
- , 1993: *Soziologie. Allgemeine Grundlagen.* Frankfurt/M.: Campus.
- , 2000: *Soziologie. Spezielle Grundlagen, Bd. 3: Soziales Handeln.* Frankfurt/M.: Campus.
- Faber, Gerhard, 2010: *Virtuelle Welten. Simulatoren in der Aus-, Fort- und Weiterbildung von Verkehrspiloten (Proceedings des 12. FHP-Symposium).* Darmstadt: FHP.
- Fink, Robin D./Johannes Weyer, 2011: Autonome Technik als Herausforderung der soziologischen Handlungstheorie. In: *Zeitschrift für Soziologie* 40 (2): 91-111, <http://www.zfs-online.org/index.php/zfs/article/view/3061>.
- Gilbert, Nigel, 2007a: *Agent-Based Models (Quantitative Applications In The Social Sciences).* London: Sage.
- , 2007b: *Computational social science: Agent-based social simulation.* <http://epubs.surrey.ac.uk/cress/44>.
- Gilbert, Nigel/Petra Ahrweiler/Andreas Pyka, 2010: Learning in innovation networks. Some simulation experiments. In: Petra Ahrweiler (Hg.), *Innovation in Complex Social Systems.* London: Routledge, 235-249.
- Grande, Edgar, 2012: Governance-Forschung in der Governance-Falle?–Eine kritische Bestandsaufnahme. In: *Politische Vierteljahresschrift* 53 (4): 565-592.
- Groß, Matthias/Holger Hoffmann-Riem/Wolfgang Krohn, 2003: Realexperimente: Robustheit und Dynamik ökologischer Gestaltungen in der Wissensgesellschaft. In: *Soziale Welt* 54: 241-258.
- Hedström, Peter, 2006: Experimental macro sociology: Predicting the next best seller. In: *Science* 311 (5762): 786-787.
- Hedström, Peter/Richard Swedberg, 1996: Social Mechanisms. In: *Acta Sociologica* 39: 281-308.
- Höpner, Martin/Lothar Krempel, 2004: Ein Netzwerk in Auflösung: Wie die Deutschland AG zerfällt. In: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung (Hg.), *Jahrbuch 2003-2004.* Köln: MPIfG, 9-14.
- Huettenrauch, H. et al., 2006: Investigating spatial relationships in human-robot interaction. *Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robot Systems (October 9 - 15, 2006)*, Beijing, China: 5052-5059.
- Knorr, Karin, 1984: *Die Fabrikation von Erkenntnis.* Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Krause, Jens/Graeme D. Ruxton/Stefan Krause, 2009: Swarm intelligence in animals and humans. In: *Trends in Ecology & Evolution* 25 (1): 28-34.
- Krohn, Wolfgang, 2007: Realexperimente - Die Modernisierung der 'offenen Gesellschaft' durch experimentelle Forschung. In: *Erwägen Wissen Ethik*: 343-356.
- Krohn, Wolfgang/Günter Küppers, 1989: *Die Selbstorganisation der Wissenschaft.* Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Krohn, Wolfgang/Johannes Weyer, 1989: Gesellschaft als Labor. Die Erzeugung sozialer Risiken durch experimentelle Forschung. In: *Soziale Welt* 40: 349-373.

- Kron, Thomas (Hg.), 2002: *Luhmann modelliert. Sozionische Ansätze zur Simulation von Kommunikationssystemen*. Opladen: Leske + Budrich.
- , 2006: Integrale Akteurtheorie - zur Modellierung eines Bezugsrahmens für komplexe Akteure. In: *Zeitschrift für Soziologie* 35: 170-192.
- Kühl, Stefan, 2009: Experiment. In: (Hg.), *Handbuch Methoden der Organisationsforschung* Springer, 534-557.
- Lakatos, Imre, 1974: Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme. In: Imre Lakatos/Alan Musgrave (Hg.), *Kritik und Erkenntnisfortschritt*. Braunschweig: Vieweg, 89-189.
- Latour, Bruno, 1983: Give Me a Laboratory and I will raise the World. In: Karin Knorr-Cetina/Michael Mulkay (Hg.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. London: Sage, 141-170.
- Lepperhoff, Nils, 2000: Dreamscape: Simulation der Entstehung von Normen im Naturzustand mittels eines computerbasierten Modells des Rational-Choice-Ansatzes. In: *Zeitschrift für Soziologie* 29: 463-484.
- Lücke, Fabian/Johannes Weyer/Robin D. Fink, 2013a: *Steuerung komplexer Systeme. Ergebnisse einer experimentellen Simulationsstudie (Soziologisches Arbeitspapier 33/2013)*. Dortmund: TU Dortmund, <http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/ts/Medienpool/Arbeitspapiere/AP33-Steuerung-gesamt.pdf>.
- , 2013b: Steuerung komplexer Systeme. Ergebnisse einer experimentellen Simulationsstudie. In: *Soziale Welt* (im Druck).
- Luhmann, Niklas, 1984: *Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Malsch, Thomas, 1997: Die Provokation der "Artificial Societies": Warum die Soziologie sich mit den Sozialmetaphern der Verteilten Künstlichen Intelligenz beschäftigen sollte. In: *Zeitschrift für Soziologie* 26: 3-21.
- Manzey, Dietrich, 2008: Systemgestaltung und Automatisierung. In: Petra Badke-Schaub et al. (Hg.), *Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen*. Heidelberg: Springer, 307-324.
- Maurer, Hermann et al., 2007: *Report on dangers and opportunities posed by large search engines, particularly Google*. Graz, [http://www.iicm.tugraz.at:8080/Ressourcen/Papers/dangers\\_google.pdf](http://www.iicm.tugraz.at:8080/Ressourcen/Papers/dangers_google.pdf).
- Mayntz, Renate, 1987: Politische Steuerung und gesellschaftliche Steuerungsprobleme - Anmerkungen zu einem theoretischen Paradigma. In: Thomas Ellwein et al. (Hg.), *Jahrbuch zur Staats- und Verwaltungswissenschaft*. Baden-Baden: Nomos, 89-110.
- Nikolic, Igor/J. Kasmire, 2013: Theory. In: Koen H. Van Dam/Igor Nikolic/Zofia Lukszo (Hg.), *Agent-Based Modelling of Socio-Technical Systems* Springer, 11-71.
- Nikolic, Igor/Koen H. van dam/J. Kasmire, 2013: Practice. In: Koen H. Van Dam/Igor Nikolic/Zofia Lukszo (Hg.), *Agent-Based Modelling of Socio-Technical Systems* Springer, 73-137.
- Ostrom, Elinor, 2000: Collective action and the evolution of social norms. In: *The Journal of Economic Perspectives* 14: 137-158, <http://192.12.12.16/events/workshops/images/b/b3/Ostrom2000.pdf>.
- Popper, Karl R., 1966: *Logik der Forschung (1934)*. Tübingen: J.C.B. Mohr.
- Renner, Karl-Heinz/Timo Heydasch/Gerhard Ströhlein, 2012: Ethische und rechtliche Aspekte psychologischer Forschung. In: (Hg.), *Forschungsmethoden der Psychologie* Springer, 131-137.
- Resnick, Michael, 1995: *Turtles, Termites, and Traffic Jams. Explorations in Massively Parallel Microworlds (Complex Adaptive Systems)*. Cambridge/Mass.: MIT Press.
- Salganik, Matthew J./Peter S. Dodds/Duncan J. Watts, 2006: Experimental study of inequality and unpredictability in an artificial cultural market. In: *Science* 311 (5762): 854-856.

- Schaar, Peter, 2007: *Das Ende der Privatsphäre: Der Weg in die Überwachungsgesellschaft*. C. Bertelsmann.
- Scharpf, Fritz W., 2000: *Interaktionsformen. Akteurzentrierter Institutionalismus in der Politikforschung*. Opladen: Leske + Budrich.
- Schimank, Uwe, 1992: Erwartungssicherheit und Zielverfolgung. Sozialität zwischen Prisoner's Dilemma und Battle of the Sexes. In: *Soziale Welt* 43: 182-200.
- , 2010: *Handeln und Strukturen. Einführung in eine akteurtheoretische Soziologie (4. Aufl.)*. München: Juventa.
- Stanton, Neville A./Mark S. Young, 2005: Driver behaviour with Adaptive Cruise Control. In: *Ergonomics* 48: 1294 – 1313.
- Stegbauer, Christian, 2011: Beziehungsnetzwerke im Internet. In: Johannes Weyer (Hg.), *Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung (2. Aufl.)*. München: Oldenbourg, 249-274.
- Stegmaier, Peter/Stefan Kuhlmann/Vincent R. Visser, 2012: Governance of the Discontinuation of Socio-Technical Systems. *Jean Monnet Conference "The Governance of Innovation and Socio-Technical Systems in Europe: New Trends, New Challenges" (1-2 March 2012)*, Copenhagen Business School, Denmark.
- Turkle, Sherry, 2005: *The Second Self: Computers and the Human Spirit*. Cambridge/Mass.: MIT-Press.
- Turkle, Sherry et al., 2006: Relational Artifacts with Children and Elders: The Complexities of Cybercompanionship. In: *Connection Science* 18: 347-361, [http://web.mit.edu/sturkle/www/pdfsforstwebpage/ST\\_Relational\\_Artifacts.pdf](http://web.mit.edu/sturkle/www/pdfsforstwebpage/ST_Relational_Artifacts.pdf).
- Van Dam, Koen H./Igor Nikolic/Zofia Lukszo (Hg.), 2013: *Agent-based modelling of socio-technical systems*. Dordrecht: Springer.
- van den Daele, Wolfgang/Wolfgang Krohn/Peter Weingart (Hg.), 1979: *Geplante Forschung. Vergleichende Studien über den Einfluss politischer Programme auf die Wissenschaftsentwicklung*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Weyer, Johannes, 1994: Actor Networks and High Risk Technologies. The Case of the Gulf War. In: *Science and Public Policy* 21: 321-334.
- , 1997: Die Risiken der Automationsarbeit. Mensch-Maschine-Interaktion und Störfallmanagement in hochautomatisierten Verkehrsflugzeugen. In: *Zeitschrift für Soziologie* 26: 239-257.
- Wilkesmann, Maximiliane, 2009: *Wissenstransfer im Krankenhaus: institutionelle und strukturelle Voraussetzungen*. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.

## Bereits erschienene Soziologische Arbeitspapiere

- 1/2003 Hartmut Hirsch-Kreinsen, David Jacobsen, Staffan Laestadius, Keith Smith  
Low-Tech Industries and the Knowledge Economy: State of the Art and Research Challenges  
(August 2003)
- 2/2004 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
"Low-Technology": Ein innovationspolitisch vergessener Sektor  
(Februar 2004)
- 3/2004 Johannes Weyer  
Innovationen fördern – aber wie? Zur Rolle des Staates in der Innovationspolitik  
(März 2004)
- 4/2004 Konstanze Senge  
Der Fall Wal-Mart: Institutionelle Grenzen ökonomischer Globalisierung  
(Juli 2004)
- 5/2004 Tabea Bromberg  
New Forms of Company Co-operation and Effects on Industrial Relations  
(Juli 2004)
- 6/2004 Gerd Bender  
Innovation in Low-tech – Considerations based on a few case studies in eleven European countries  
(September 2004)
- 7/2004 Johannes Weyer  
Creating Order in Hybrid Systems. Reflexions on the Interaction of Man and Smart Machines  
(Oktober 2004)
- 8/2004 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Koordination und Rationalität  
(Oktober 2004)
- 9/2005 Jörg Abel  
Vom Kollektiv zum Individuum? Zum Verhältnis von Selbstvertretung und kollektiver Interessenvertretung in Neue Medien-Unternehmen (Juli 2005)
- 10/2005 Johannes Weyer  
Die Raumfahrtspolitik des Bundesforschungsministeriums  
(Oktober 2005)
- 11/2005 Horst Steg  
Transnationalisierung nationaler Innovationssysteme  
(Dezember 2005)
- 12/2006 Tobias Haertel  
UsersAward: Ein Beitrag zur optimalen Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen in der Logistik  
(Februar 2006)
- 13/2006 Doris Blutner, Stephan Cramer, Tobias Haertel  
Der Mensch in der Logistik: Planer, Operateur und Problemlöser  
(März 2006)
- 14/2006 Johannes Weyer  
Die Zukunft des Autos – das Auto der Zukunft. Wird der Computer den Menschen ersetzen?  
(März 2006)

- 15/2006 Simone Reineke  
Boundary Spanner als Promotoren des Wissensmanagementprozesses  
(Juli 2006)
- 16/2006 Johannes Weyer  
Die Kooperation menschlicher Akteure und nicht-menschlicher Agenten. Ansatzpunkte einer Soziologie hybrider Systeme  
(Juli 2006)
- 17/2006 Jörg Abel/Sebastian Campagna/Hartmut Hirsch-Kreinsen (Hg.)  
Skalierbare Organisation - Überlegungen zum Ausgleich von Auftragsschwankungen -  
(August 2006)
- 18/2007 Tabea Bromberg  
Engineering-Dienstleistungen in der Automobilindustrie: Verbreitung, Kooperationsformen und arbeitspolitische Konsequenzen  
(Mai 2007)
- 19/2007 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Lohnarbeit  
(September 2007)
- 20/2008 Katrin Hahn  
Der Lissabon-Prozess: Das Innovationskonzept und die Auswirkungen auf die Politikgestaltung  
(März 2008)
- 21/2008 Anja J. Lorenz/ Johannes Weyer (Hrsg.)  
Fahrerassistenzsysteme und intelligente Verkehrssteuerung. Soziologische Analysen hoch automatisierter Verkehrssysteme  
(Juni 2008)
- 22/2008 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Innovationspolitik: Die Hightech-Obsession  
(August 2008)
- 23/2008 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Multinationale Unternehmen  
(September 2008)
- 24/2009 Jörg Abel/ Hartmut Hirsch-Kreinsen/ Peter Ittermann  
Einfacharbeit in der Industrie. Status quo und Entwicklungsperspektiven  
(Mai 2009)
- 25/2009 Robin D. Fink  
Attributionsprozesse in hybriden Systemen. Experimentelle Untersuchung des Zusammenspiels von Mensch und autonomer Technik  
(Juli 2009)
- 26/2009 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Innovative Arbeitspolitik im Maschinenbau?  
(September 2009)
- 27/2010 Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Technological Innovation and Finance  
(Oktober 2010)
- 28/2010 Robin D. Fink, Tobias Liboschik  
Bots - Nicht-menschliche Mitglieder der Wikipedia-Gemeinschaft  
(Dezember 2010)
- 29/2011 Jörg Abel, Peter Ittermann, Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Einfacharbeit in der Ernährungsindustrie  
(Februar 2011)

- 30/2012 Jörg Abel, Peter Ittermann, Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Einfacharbeit in der Gummi- und Kunststoffindustrie  
(Januar 2012)
- 31/2012 Peter Ittermann, Jörg Abel, Hartmut Hirsch-Kreinsen  
Einfacharbeit in der Metallbearbeitung  
(Februar 2012)
- 32/2013 Lehrstuhl Wirtschafts- und Industriesoziologie, Lehrstuhl Arbeits- und Produktionssysteme  
Wandel von Industriearbeit. Herausforderungen und Folgen neuer Produktionssysteme in  
der Industrie  
(März 2013)
- 33/2013 Fabian Lücke, Johannes Weyer, Robin D. Fink  
Steuerung komplexer Systeme. Ergebnisse einer soziologischen Simulationsstudie  
(April 2013)
- 34/2013 Marco Hellmann, Sarah Rempe, Jan Schlüter  
Die Katastrophe der Deepwater Horizon  
(Oktober 2013)
- 35/2013 Johannes Weyer  
Experimentelle Soziologie. Der Beitrag der Computersimulation zur Weiterentwicklung der  
soziologischen Theorie  
(Oktober 2013)