

HANDBUCH

Norman Braun
Nicole J. Saam *Hrsg.*

Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften

 Springer VS

Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften

Norman Braun • Nicole J. Saam (Hrsg.)

Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften

Herausgeber
Norman Braun †
Ludwig-Maximilians-Universität
München
Deutschland

Nicole J. Saam
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
Deutschland

ISBN 978-3-658-01163-5
DOI 10.1007/978-3-658-01164-2

ISBN 978-3-658-01164-2 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer VS

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer VS ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.
www.springer-vs.de

Vorwort

Als ich Norman Braun am 3. Januar 2011 eine Email schrieb und ihn anfragte, ob er die Herausgeberschaft für dieses Handbuch, das auf eine Anfrage von Frank Engelhardt zurückgeht, mit mir zusammen übernehmen wolle, rief er mich noch am selben Abend begeistert an. Zugleich gab er mir offen zu bedenken, dass er mir nicht garantieren könne, dass er bis zum Ende des Handbuchprojekts „durchhalten“ werde. Am 9. Juli 2013 ist Norman Braun verstorben. Er war einer der Pioniere mathematischer Soziologie und empirisch orientierter Modellbildung. Und dieses Handbuch war uns beiden ein Herzensanliegen. Mein Dank gilt daher zuvorderst Norman Braun, der mit vollem Engagement an der Herausgeberschaft des nun vorliegenden Werks mitgewirkt hat.

Thomas Gautschi hat sich dankenswerterweise bereit erklärt, mit mir in kurzer Zeit das Kapitel zu verfassen, das eigentlich Norman Braun selbst hatte schreiben wollen, das Kapitel zur Modellbildung in den Sozialwissenschaften.

Meinen herzlichen Dank möchte ich jenen gegenüber aussprechen, die als externe Gutachter für einzelne Kapitel gewirkt haben, ohne selbst Handbuchautoren zu sein: Claus Beisbart (Bern), Christiane Bozoyan (Frankfurt) und Tobias Wolbring (Zürich). Ebenso danke ich all jenen Autorinnen und Autoren, die über ihre Autorschaft hinaus Gutachten zu anderen Handbuchkapiteln verfasst haben.

Mein besonderer Dank gilt sodann dem Münchner Team, das zunächst das Layout des Handbuchs übernommen hatte, bevor ich es nach Erlangen holte: Johannes Bracher und Fabian Thiel, sowie Angela Fabry und Marc Keuschnigg. Christoph Merdes, Camil Lange, Sally Hannappel und Olga Maydan sei dafür gedankt, dass sie sich in sehr kurzer Zeit in das Layouten mit \LaTeX eingearbeitet haben. Lena Scholz, Anika Heller, Bianca Pollinger, Franziska Glowacki und Laura Khaitina haben mit großer Sorgfalt die letzten Fassungen aller layouteten Handbuchkapitel Korrektur gelesen und uns bei der Fertigstellung der Druckvorlage unterstützt.

Schließlich sei Frank Engelhardt für die Anregung zu diesem Handbuch gedankt, sowie Andreas Beierwaltes für die nachfolgende Betreuung.

Erlangen, den 25. Juni 2014

Nicole J. Saam

Inhaltsverzeichnis

TEIL I EINFÜHRUNG UND ÜBERSICHT

1 Einführung: Modellbildung und Simulation <i>Nicole J. Saam</i>	3
2 Modellbildung in den Sozialwissenschaften <i>Nicole J. Saam und Thomas Gautschi</i>	15
3 Simulation in den Sozialwissenschaften <i>Nicole J. Saam</i>	61

TEIL II METATHEORIE UND METHODOLOGIE

4 Metatheorie und Methodologie der Modellbildung: Realistische Ansätze <i>Michael Schmid</i>	99
5 Strukturalistische Wissenschaftstheorie <i>Wolfgang Balzer und Carlos-Ulises Moulines</i>	129
6 Konstruktivistische Ansätze <i>Meike Kricke und Kersten Reich</i>	155
7 Modellbildung und Simulation: Einige methodologische Fragen <i>Karl-Dieter Opp</i>	181
8 Topologie, Metrik und Dynamik bei sozialen und kognitiven Systemen <i>Jürgen Klüver</i>	213

TEIL III METHODEN UND TYPEN DER MODELLIERUNG

9 Deterministische dynamische Systeme <i>Volker Müller-Benedict</i>	245
10 Stochastische Prozesse und Bayessches Schätzen <i>Philipp Benner und Stephan Poppe</i>	277
11 Deskriptive und funktionale Modelle in der statistischen Sozialforschung <i>Götz Rohwer</i>	309
12 Nutzen- und Spieltheorie <i>Andreas Tutić</i>	331
13 Entscheidungshandeln und Fuzzy-Logik <i>Thomas Kron und Lars Winter</i>	363
14 Evolutionäre Spieltheorie <i>Erwin Amann</i>	397
15 Modellierungskonzepte der Synergetik und der Theorie der Selbstorganisation <i>Werner Ebeling und Andrea Scharnhorst</i>	419

TEIL IV SIMULATIONSANSÄTZE

16 Mikrosimulationsmodelle <i>Marc Hannappel und Klaus G. Troitzsch</i>	455
17 Multi-Agenten-Modelle <i>Andreas Flache und Michael Mäs</i>	491
18 Zellularautomaten <i>Jörn Schmidt</i>	515
19 Modellierung sozialer, kognitiver und ökonomischer Prozesse durch Neuronale Netze <i>Christina Klüver</i>	547
20 Zufallsnetze und Small Worlds <i>Dietrich Stauffer</i>	579

TEIL V THEMENBEREICH „SOZIALE ORDNUNG UND STRUKTUREN“

21 Social Dilemmas and Cooperation
Werner Raub, Vincent Buskens und Rense Corten 597

22 Soziale Normen
Andreas Tutić, Johannes Zschache und Thomas Voss 627

23 Social Networks
Vincent Buskens, Rense Corten und Werner Raub 663

24 Informationen und Signale
Thomas Gautschi 689

25 Reziprozität und Reputation
Roger Berger und Heiko Rauhut 715

26 Fairness
Sonja Pointner und Axel Franzen 743

27 Kommunikation
Marco Schmitt 773

28 Herrschaft und Organisation
Martin Abraham und Monika Jungbauer-Gans 797

29 Wählerverhalten und Parteienwettbewerb
Susumu Shikano 823

TEIL VI THEMENBEREICH „SOZIALER WANDEL“

30 Innovation
Petra Ahrweiler und Andreas Pyka 855

31 Modelle sozialer Diffusion
Andreas Diekmann 887

32 Imitation und Konformität
Marc Keuschnigg 903

33 Kollektivverhalten
Günther Haag und Karl H. Müller 935

34 Modelle sozialer Beeinflussung
Michael Mäs 971

35 Migration
Timo Baas 999

X Inhaltsverzeichnis

36 Verhandlungen
Christian Rieck1025

37 Gewalt und Krieg
Nils B. Weidmann1049

* * * * *

Autorenverzeichnis1073

Teil I

Einführung und Übersicht

1 Einführung: Modellbildung und Simulation

Nicole J. Saam

Universität Erlangen-Nürnberg

1 Einleitung

Am 1. Oktober 1992 beschloss das Konzil der Deutschen Gesellschaft für Soziologie (DGS), die AG „Modellierung sozialer Prozesse“ in die Sektion „Modellbildung und Simulation“ umzuwandeln und in die DGS aufzunehmen. Die Arbeitsgruppe wie auch die informelle Gruppe „Mathematische Soziologie“ (MASO) hatten zuvor im deutschsprachigen Raum die ersten organisierten Zusammenkünfte von SozialwissenschaftlerInnen koordiniert, die eine Herausforderung darin erblickten, soziales Handeln zu modellieren und gegebenenfalls auch zu simulieren.

Seitdem sind zwei Jahrzehnte vergangen. Die Forschung im Bereich sozialwissenschaftlicher Modellbildung und Simulation hat einen Aufschwung erlebt und mittlerweile liegen auf zahlreichen Gebieten Modellierungsansätze und interessante Forschungsergebnisse vor. Das Feld wird von Außenstehenden als unübersichtlich, heterogen und schwer zugänglich erlebt, wofür sich mehrere Ursachen vermuten lassen: Bis heute sind Modellbildung und Simulation in sozialwissenschaftlichen Studiengängen im deutschsprachigen Raum nicht etabliert und die Bologna-Reform, die anspruchsvolle Vertiefungen aller Art erschwert, dürfte dies wohl auch in absehbarer Zukunft verhindern. So fehlt auch weithin der Anreiz, aus der Lehrpraxis heraus, motivierte deutschsprachige Einführungen in und Übersichtswerke zu Modellbildung oder Simulation in den Sozialwissenschaften zu verfassen (als Ausnahmen in jüngerer Zeit seien genannt: Holler & Illing 2003, Braun & Gautschi 2011). Zugleich stellen diejenigen sozialwissenschaftlichen Theorieansätze, deren theoretische Annahmen einer Modellierung am zugänglichsten sind – (Aus-)Tauschtheorie und Rational-Choice-Theorie in ihren verschiedenen Varianten – Minderheitenpositionen im gegenwärtigen Theoriekanon der deutschsprachigen Soziologie dar. Dies gilt für die Lehre, und es gilt für

S. 3–14 in: Norman Braun & Nicole J. Saam, Hg. (2014). Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften. Wiesbaden: Springer VS

die Forschung. ForscherInnen im Bereich der Modellbildung sind deshalb seit Jahrzehnten stark auf den englischsprachigen Raum bezogen, publizieren auf Englisch und rezipieren theoretische und methodische Innovationen von dort. Mit Ausnahme der von Hartmut Essers Werken: *Soziologie. Allgemeine Grundlagen* sowie *Soziologie. Spezielle Grundlagen, Band 1-6* ausgelösten Kontroversen ist der Herausgeberin kein breiter, in deutscher Sprache geführter soziologischer Diskurs zu Modellbildung oder Simulation in den Sozialwissenschaften bekannt. Jenseits dieses Diskurses finden sich die Erträge modelltheoretischer Forschung daher als Zeitschriftenbeiträge in hochspezialisierten internationalen Fachzeitschriften (Journal of Conflict Resolution, Journal of Mathematical Sociology, Rationality and Society, Sociological Methods and Research, Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Computational and Mathematical Organization Theory) verstreut. Gelegentlich erscheinen modelltheoretische Arbeiten auch in den angesehensten internationalen Fachzeitschriften der Soziologie (American Sociological Review, American Journal of Sociology). So fällt es auch hier schwer, sich einen Überblick zu verschaffen und sich das Forschungsfeld zu erschließen. Es ist daher kein Zufall, dass die Sektion Modellbildung und Simulation seit Jahren eine kommentierte Leseliste auf ihrer Homepage anbietet (siehe <http://www.socio.ethz.ch/modsim/leseliste>, sowie im Anhang zu diesem Einführungskapitel). Diese Leseliste versammelt Klassiker und Standardwerke, vereinzelt auch Lehrbücher. Man findet jedoch darin kein einziges Werk, das das gesamte Feld abzudecken versucht. Ein solches Werk müsste einerseits eine Vielzahl von formalen Modellierungs- und Simulationsansätzen beschreiben, sowie Zusammenhänge und Differenzen herausarbeiten. Andererseits müssten sozialwissenschaftliche Anwendungsfelder dargestellt und hierzu forschende *Scientific Communities* vorgestellt werden. Zugleich sollten wissenschaftstheoretische Grundlagen von Modellbildung und Simulation wiedergegeben werden. Jenseits dessen könnte ein solches Werk durch einzelne Beiträge auch konkrete inhaltliche Anstöße für einen produktiven Austausch mit dem sozialwissenschaftlichen Mainstream geben.

Die Herausgeber haben diesen Mangel an einer übergreifenden Darstellung von Modellen und Simulationen sowie ihren metatheoretischen Grundlagen und Anwendungsfeldern im deutschsprachigen Raum als Herausforderung begriffen. Durch das vorliegende Handbuch soll das Feld Außenstehenden zugänglich gemacht werden. Wir hoffen, dass wir hierdurch Neugier hervorrufen, Interesse wecken und modelltheoretische Forschung und Lehre kontextualisieren, perspektivieren und motivieren können.

2 Ziele und Zielgruppe des Handbuchs

Das Handbuch *Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften* verfolgt mehrere Ziele und spricht daher unterschiedliche Zielgruppen an: Einerseits dient es als Überblicks- und Nachschlagewerk für eine große Anzahl von Ansätzen der Modellbildung wie der Simulation, für ihre meta- und wissenschaftstheoretischen Grundlagen und für ihre Anwendungen in unterschiedlichen sozialwissenschaftlichen Themenfeldern. Die Handbuchartikel eignen sich zur Vertiefung und Ergänzung und wenden sich an erfahrene Forscherinnen und Forscher. Andererseits bietet das Handbuch die Chan-

ce, einen themenbezogenen oder methodisch orientierten Einstieg in Modellbildung und Simulation zu finden. Als Zielgruppe kommen auch fortgeschrittene Studierende der Sozialwissenschaften, DoktorandInnen und ProjektmitarbeiterInnen in Betracht, die ein Verfahren neu kennenlernen möchten. Ihnen sei insbesondere in den Teilen III und IV der Mut zum Querlesen vermittelt, um sich zunächst einen Überblick zu verschaffen, und erst anschließend dort tief in die Materie einzudringen, wo die eigenen Interessen und Zielsetzungen angesprochen werden.

Um den Zielen eines Einführungs-, Überblicks- und Nachschlagewerks gerecht werden zu können, haben wir die Autorinnen und Autoren der Teile III und IV gebeten, eine vorgegebene Gliederung einzuhalten, so dass jeder Modellierungs- oder Simulationsansatz zunächst einführend beschrieben wird. Danach folgen die Darstellung der formalen oder methodologischen Grundlagen, ein sozialwissenschaftliches Beispiel, sowie eine Diskussion. Daran schließen sich kommentierte Literaturempfehlungen an. Im Einzelfall haben sich Autoren dafür entschieden, die Voraussetzungen für eine sozialwissenschaftliche Modellbildung in den Vordergrund zu stellen, oder ein Gebiet neu zu definieren.

Um die Qualität der Beiträge zu fördern, haben wir einen doppelten internen Begutachtungsprozess durchgeführt. Insgesamt hoffen wir hierdurch ein für die verschiedenen Zielgruppen nützliches Handbuch zusammengestellt zu haben.

3 Gliederung und Inhalt

Das Handbuch beginnt mit zwei Beiträgen zu den Grundlagen der Modellbildung (vgl. den Beitrag von Saam & Gautschi) beziehungsweise Simulation (vgl. den Beitrag von Saam) in den Sozialwissenschaften. Sie klären zentrale Begriffe – wie Modell und Simulation –, geben einen Überblick über aktuelle wissenschaftsphilosophische Diskurse zu Modellbildung bzw. Simulation und stellen zentrale Zielsetzungen sozialwissenschaftlicher Modelle bzw. Simulationen vor. Teil II befasst sich mit wissenschaftstheoretischen und methodologischen Grundlagen von Modellbildung und Simulation. Teil III beschreibt die wichtigsten Modellierungskonzepte, auf die oft auch bei der Entwicklung von Simulationsmodellen zurückgegriffen wird. Teil IV stellt die wichtigsten aktuellen Simulationsansätze vor. In den Teilen V und VI werden die bedeutendsten sozialwissenschaftlichen Themenfelder vorgestellt, in denen Modelle und Simulationen zur Anwendung kommen.

Die Literaturgattung des Handbuchs erzwingt eine Schwerpunktsetzung, die über diejenige eines Lexikons oder eines Lehrbuchs deutlich hinausgeht. Abstriche betreffen dabei insbesondere die Systematik und Vollständigkeit der Darstellung. So haben die Herausgeber – Norman Braun und die Verfasserin dieses Einleitungskapitels – beispielsweise entschieden, dass das Handbuch sich auf Simulationen als Methode wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung beschränkt und damit auf die Darstellung von und Auseinandersetzung mit Simulationen als didaktischem Hilfsmittel und Instrument der Politikplanung verzichtet. Ebenso wurde darauf verzichtet, Theoriekontroversen zwischen den Varianten der Rational-Choice-Theorie zu vertiefen. Im Folgenden werden die Kapitel dieses Handbuchs vorgestellt. Zugleich wird jeweils die

Gelegenheit genutzt, Schwerpunktsetzungen des Handbuchs zu begründen und Auslassungen kenntlich zu machen.

3.1 Metatheorie und Methodologie

Die Auswahl der wissenschaftstheoretischen Kapitel des Handbuchs orientiert sich zum einen an Wahlverwandtschaften zwischen bestimmten wissenschaftstheoretischen Positionen und bei modellierenden bzw. simulierenden Sozialwissenschaftlern verbreiteten metatheoretischen Überzeugungen. So ist belegt, dass aus Sicht der strukturalistischen Wissenschaftstheorie (vgl. den Beitrag von Balzer & Moulines in diesem Handbuch) große Sympathien für die Sichtweise bestehen, dass Computersimulationsmodelle als Experimente mit Modellen zu verstehen sind (vgl. z.B. die Darstellung in Troitzsch 1996; vgl. den Beitrag von Saam in diesem Handbuch). Manche Vertreter der Modellbildung auf Basis der Theorie rationalen Handelns stehen realistischen Ansätzen (vgl. den Beitrag von Schmid in diesem Handbuch) nahe. Zum anderen stellt das Kapitel über sozial-konstruktivistische Ansätze (vgl. den Beitrag von Kricke & Reich in diesem Handbuch) einen ersten Versuch dar, einen Diskurs des sozial-konstruktivistischen Mainstream in den Sozialwissenschaften mit formaler sozialwissenschaftlicher Modellbildung und Computersimulation zu beginnen. Man würde sich auch einen Diskurs mit den methodischen Konstruktivisten (sog. Erlanger Schule, siehe Kamlah & Lorenzen 1967, Janich 1992) wünschen, die einen formalwissenschaftlichen Konstruktivismus entwickelt haben, der sich mit den metatheoretischen Überzeugungen von Modellierern in Einklang bringen ließe. Es ist uns jedoch nicht gelungen, Autoren zu finden, die hier bereit gewesen wären, den ersten Schritt zu unternehmen.

Einige methodologische Fragen zu Modellbildung und Simulation greifen die beiden nachfolgenden Beiträge auf. Dabei stehen zunächst die Verwendungen des Modellbegriffs, das Konzept der Erklärungen und die Formalisierung von Theorien im Mittelpunkt (vgl. den Beitrag von Opp in diesem Handbuch). Der Beitrag über die Topologie, Metrik und Dynamik sozialer Systeme (von J. Klüver) sensibilisiert dafür, dass die Dynamik und die Evolution komplexer Systeme nicht nur, aber wesentlich auch von den Eigenschaften abhängen, die man als geometrische Eigenschaften formal darstellen kann.

3.2 Methoden und Typen der Modellierung

Sozialwissenschaftliche Modelle basieren auf der Anwendung einer erheblichen Vielfalt von Methoden und Typen der Modellierung, deren wichtigste in Teil III dargestellt werden. Zu den historisch ältesten zählen deterministische dynamische Gleichungssysteme (vgl. den Beitrag von Müller-Benedikt). Dem steht die Modellierung von zeitlich veränderlichen Vorgängen auf Grundlage stochastischer Prozesse gegenüber. Sie werden ebenso vorgestellt, wie das Schätzen der statistischen Parameter dieser Prozesse mit Hilfe des Bayesschen Inferenz-Kalküls (vgl. den Beitrag von Benner & Poppe). Götz Rohwer legt keinen Beitrag über den *state of the art* zur Modellbildung in der Statistik vor, sondern einen Beitrag, der das Gebiet neu definiert. Er betrachtet zwei

zentrale Erkenntnisinteressen der statistischen Sozialforschung: die Repräsentation beobachteter Sachverhalte und die Darstellung von Hypothesen über Zusammenhänge zwischen Variablen. Er entwickelt daraus zwei korrespondierende Modellbegriffe – den des deskriptiven und den des funktionalen Modells. Hierfür waren zum Teil ungewohnte Definitionen erforderlich.

Während sich die bisher genannten Modellierungsansätze als Makromodelle ohne Mikrofundierung beschreiben lassen, gestatten alle nachfolgenden Ansätze die Modellierung von Handlungen. Die Modellierungsansätze der Theorie rationalen Handelns gehen grundsätzlich von einer Rationalitätsprämisse (vgl. den Beitrag von Saam & Gautschi) aus. Hierzu zählen nutzen- und spieltheoretische Modelle (vgl. den Beitrag von Tutić) sowie Modelle der evolutionären Spieltheorie (vgl. den Beitrag von Amann). Man kann die Entscheidungstheorie sowie Modelle der Fuzzy-Logik ebenfalls hier zuordnen. Im vorliegenden Beitrag von Kron & Winter wird der Theoriezugriff über eine modifizierte Wert-Erwartungstheorie vorgeschlagen. Zugleich spannen die Autoren jedoch einen viel weiteren theoretischen Analyse Rahmen auf. Der Beitrag bietet einen Überblick über diverse handlungstheoretische Modelle, die nach ihrer Algorithmisierbarkeit und Komplexität geordnet werden.

Die Modelle der Synergetik haben ihren Ursprung in der Physik. Sie ermöglichen die Entwicklung sozialwissenschaftlicher Systemmodelle mit Mikrofundierung, wahlweise ohne oder mit Rationalitätsannahme (vgl. den Beitrag von Ebeling & Scharnhorst). Ist Letzteres beabsichtigt, dann wird man in Modelle der Synergetik beispielsweise nutzentheoretische Annahmen integrieren.

3.3 Simulationsansätze

Die Entwicklung eines Computersimulationsmodells erfordert nicht nur die Wahl einer geeigneten Simulationssoftware, sondern zuvor die Wahl eines geeigneten Simulationsansatzes. In den Sozialwissenschaften wird teilweise auch auf in anderen Wissenschaften bekannte Simulationsansätze zurückgegriffen (z.B. zelluläre Automaten, agentenbasierte Modelle, neuronale Netze, Zufallsnetze und Small Worlds; siehe unten), teilweise ist eine eigenständige Begriffsbildung erfolgt (z.B. Mikrosimulation, Makrosimulation, Mehrebenensimulation; vgl. die Erläuterungen im Beitrag von Troitzsch & Hannappel).

Wenngleich die Entstehung dieser Simulationsansätze zumeist in unmittelbarem Zusammenhang mit der Entwicklung formaler Modelle steht (für einen Überblick siehe Gilbert & Troitzsch 1999: 7), so lassen sich Simulationsansätze doch nicht auf verschiedene formale Modelle reduzieren. Aus soziologischer Sicht kennzeichnet Simulationsansätze eine je spezifische Kombination von Antworten auf vier Dimensionen der Modellbildung, die zwingend zu berücksichtigen sind, wenn man ein soziales Phänomen nicht nur zu modellieren, sondern zu simulieren beabsichtigt: (i) die Anzahl der zu simulierenden Ebenen des Sozialen (Mikroebene, Makroebene, mehrere Ebenen), (ii) die Anzahl der zu simulierenden Akteure (viele, wenige, (k)ein Akteur), (iii) die Komplexität der Akteure (gering, hoch) und (iv) die Möglichkeit der Modellierung von Kommunikation – im weitesten Sinne – zwischen den Akteuren (ja, nein).

Das vorliegende Handbuch beschränkt sich auf die Darstellung der derzeit wichtigsten Simulationsansätze – Mikrosimulationsmodelle (vgl. den Beitrag von Troitzsch & Hannappel), Multi-Agenten-Modelle (vgl. den Beitrag von Flache & Mäs), zelluläre Automaten (vgl. den Beitrag von Schmidt), neuronale Netze (vgl. den Beitrag von C. Klüver), sowie Zufallsnetze und Small Worlds (vgl. den Beitrag von Stauffer).

Für die in den Sozialwissenschaften entwickelten Simulationsmodelle lässt sich festhalten, dass sie typischerweise die Entwicklung eines sozialen Phänomens in der Zeit modellieren und Zufallsprozesse berücksichtigen, um der Variabilität menschlichen Handelns Rechnung zu tragen. Ihnen liegen stochastische und dynamische Modelle zugrunde. Im Gegensatz zur Betriebswirtschaftslehre (als Beispiel sei die simulative Risikoanalyse genannt, vgl. Klein & Scholl 2011, Kap. 6.5) liegen keine als bedeutend erachteten Forschungsfragen vor, die sich der numerischen Bestimmung von Verteilungen stochastischer Ergebnisgrößen bei gegebenen stochastischen Eingangsgrößen widmen. Das Monte-Carlo-Verfahren, das diese Problemstellung behandelt, hat deshalb in der sozialwissenschaftlichen Computersimulation keine nennenswerte Verbreitung gefunden. Es wird in diesem Handbuch daher nicht vertieft, einige grundlegende Ausführungen finden sich jedoch im Beitrag von Benner & Poppe. Für einführende Darstellungen in weitere Simulationsansätze sei auf das Lehrbuch von Gilbert & Troitzsch verwiesen (Gilbert & Troitzsch 1999, 2. Aufl. 2005). Das Handbuch von Edmonds & Meyer (2013) führt unter anderem in einige methodologische Aspekte der Entwicklung von Simulationsmodellen in den Sozialwissenschaften ein.

3.4 Themenfelder

Für dieses Handbuch wurden sozialwissenschaftliche Themenfelder ausgewählt, in denen Modellbildung und/oder Simulation als Methoden etabliert sind. Sie zeichnen sich durch erhebliche inhaltliche Heterogenität aus, weshalb hier mehrere Strukturierungsvorschläge zur leichteren Orientierung präsentiert werden. In der Gliederung selbst haben wir uns für eine Unterscheidung zwischen der Forschung zu sozialer Ordnung und sozialen Strukturen (Teil V) sowie zu sozialem Wandel (Teil VI) entschieden.

Interessiert man sich für theoretische Zuschreibungen, so lassen sich die Beiträge zu sozialen Dilemmata und Kooperation (vgl. den Beitrag von Raub, Buskens & Corten), sozialen Normen (vgl. den Beitrag von Tutić, Zschache & Voss), sozialen Netzwerken (vgl. den Beitrag von Buskens, Corten & Raub), Informationen und Signalen (vgl. den Beitrag von Gautschi), Reziprozität und Reputation (vgl. den Beitrag von Berger & Rauhut), Fairness (vgl. den Beitrag von Pointner & Franzen), Imitation und Konformität (vgl. den Beitrag von Keuschnigg), Herrschaft und Organisation (vgl. den Beitrag von Abraham & Jungbauer-Gans), Verhandlungen (vgl. den Beitrag von Rieck), wie auch zu Wählerverhalten und Parteienwettbewerb (vgl. den Beitrag von Shikano) nutzen- bzw. spieltheoretischen Modellierungen im Rahmen der Theorie rationalen Handelns zuordnen, während die übrigen Beiträge, beispielsweise die Handbuchkapitel zu Kommunikation (vgl. den Beitrag von Schmitt), Kollektivverhalten (vgl. den Beitrag von Haag & Müller) und sozialen Diffusionsprozessen (vgl. den Beitrag von Diekmann) diverse Theorieansätze zugrunde legen.

Fachlich haben wir Beiträge aus der Soziologie und aus ihren Nachbarwissenschaften aufgenommen, wenn dortige Themenfelder erhebliche Schnittmengen zu soziologischen Themenfeldern aufweisen. Letzteres gilt für die Handbuchkapitel zu sozialer Beeinflussung (Sozialpsychologie; vgl. den Beitrag von Mäs), zu Wissen, Technologie und Innovation sowie Migration (Ökonomik; vgl. die Beiträge von Ahrweiler & Pyka bzw. Baas), wie auch zu Wählerverhalten und Parteienwettbewerb sowie Gewalt und Krieg (Politikwissenschaft; vgl. die Beiträge von Shikano bzw. Weidmann).

4 Ausblick

Wir hoffen, mit diesem Handbuch einen Überblick über ein vergleichsweise schwer zugängliches Forschungsfeld der Sozialwissenschaften zu vermitteln und damit die Verwendung von Modellen und Simulationen im deutschsprachigen Raum zu fördern. Es war uns wichtig, dass die Beiträge in den Teilen V und VI möglichst den Stand der Forschung in Modellbildung und Simulation abdecken. Beide beziehen sich derzeit oft nicht aufeinander und sie adressieren sich an unterschiedliche Teile der *Scientific Community*. Ein zentraler Mehrwert der Handbuchartikel sollte aus unserer Sicht nicht nur darin bestehen, die Erträge dieser Forschungen einem allgemeinen sozialwissenschaftlichen Publikum zugänglich zu machen, sondern darüber hinaus auch darin, sie der jeweils anderen *Community* zu vermitteln.

Schließlich möchten wir uns mit einer Bitte an unsere Leserinnen und Leser wenden: Bitte melden Sie uns Fehler im Text und in Gleichungen, die wir trotz sorgfältiger Korrekturen übersehen haben. Wir werden Errata auf der Internetseite des Handbuchs (<http://www.springer.com/978-3-658-01163-5>) dokumentieren bzw. korrigieren. Dort steht Ihnen ein Kontaktformular für die Meldung noch nicht dokumentierter Fehler zur Verfügung. Herzlichen Dank!

Anhang: Leseliste der Sektion „Modellbildung und Simulation“ der Deutschen Gesellschaft für Soziologie

Mathematische Modelle in der Soziologie

- COLEMAN, J. (1964) *Introduction to Mathematical Sociology*. New York: Free Press. (*Coleman entwickelt Modelle für eine Reihe von Anwendungen mathematischer Modelle in der Soziologie. Ein sehr kreatives und grundlegendes Werk, das in vielen Bereichen heute noch aktuell und anregend ist.*)
- LAVE, C. UND J. MARCH (1975) *An Introduction to Models in the Social Sciences*. New York: Harper & Row. (*Didaktisch gute Einführung in den „Denkstil“ der Modellbildung anhand von vier Modellen (individuelles Wahlverhalten, Austausch, Adaption, Diffusion).*)
- OLINICK, M. (1978) *An Introduction to Mathematical Models in the Social and Life Sciences*. Reading: Addison-Wesley. (*Gute und einfach gehaltene Einführung in verschiedene Arten von für die Sozialwissenschaften nützlichen Modellen: Rüstungswetlauf, ökologische Modelle, Social Choice, Markov-Modelle, Epidemien. Mit Kurzbiografien der Pioniere.*)

- RAPOPORT, A. (1980) *Mathematische Methoden in den Sozialwissenschaften*. Würzburg: Physica. (Umfassendes und hervorragendes Lehrbuch der mathematischen Soziologie. Auch in englischer Sprache veröffentlicht.)
- TROITZSCH, K. (1990) *Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*. Opladen: Westdeutscher Verlag. (Einführung in Methoden der mathematischen Modellierung und Computersimulation für Sozialwissenschaftler; berücksichtigt deterministische und stochastische Makro- und Mehrebenenmodelle.)
- ZIEGLER, R. (1972) *Theorie und Modell. Der Beitrag der Formalisierung zur soziologischen Theoriebildung*. München: Oldenbourg. (Diskussion zentraler Argumente zur Modellbildung. Analyse und Ausarbeitung wichtiger Modelle in der Soziologie.)

Sammelbände

- ESSER, H. UND K. TROITZSCH HG. (1990) *Die Modellierung sozialer Prozesse. Neuere Ansätze und Überlegungen zur soziologischen Theoriebildung*. Bonn: Informationszentrum Sozialwissenschaften. (Sammlung von Beiträgen zu Tagungen der Arbeitsgruppe „Modellierung sozialer Prozesse“ der Deutschen Gesellschaft für Soziologie aus den Jahren 1986 bis 1989.)

Simulationsmodelle

- BAINBRIDGE, W. (1987) *Sociology Laboratory. Computer Simulations for Learning Sociology*. Belmont: Wadsworth, Cal. (Didaktisch gut aufbereitete und ohne Vorkenntnisse benutzbare Simulationsprogramme für zwölf theoretische Szenarien, mit denen computer-gestützte „Gedankenexperimente“ durchgeführt werden können.)
- BOSSEL, H. (1992) *Modellbildung und Simulation, Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme*. Braunschweig: Vieweg. (Ein Lehr- und Arbeitsbuch das alle Phasen der Modellbildung und Simulation erläutert und vorführt. Mit Begleiddiskette.)
- DORAN, J. UND N. GILBERT (1994) *Simulating Societies*. London: University of London Press. (Übersicht zu neueren Ansätzen der sozialwissenschaftlichen Modellierung und Simulation.)
- GILBERT, N. UND K. TROITZSCH (1998) *Simulation for the Social Scientist*. Berkshire: Open University Press. (Anwendungsorientiertes Lehrbuch über Simulationstechniken.)
- SCHNELL, R. (1990) „Computersimulation und Theoriebildung in den Sozialwissenschaften.“ *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 42: 109-128. (Kurzer Überblick über den Stand der sozialwissenschaftlichen Simulationsforschung.)

Spieltheorie und Entscheidungstheorie

- AXELROD, R. (1984) *Evolution of Cooperation*. New York: Basic. (deutsche Übersetzung: Die Evolution der Kooperation. München: Oldenbourg, 1987). (Das Buch analysiert die Ergebnisse der Computerturniere mit dem iterierten Gefangenendilemma, aus dem „tit for tat“ als Siegerstrategie hervorging. Axelrods Untersuchung hat seither die spieltheoretische Analyse von Kooperation wesentlich stimuliert.)
- BINMORE, K. (1992) *Fun and Games. A Text on Game Theory*. Lexington: Heath, MA.
- DIEKMANN, A. UND P. MITTER HG. (1986) *Paradoxical Effects of Social Behavior. Essays in Honor of Anatol Rapoport*. Heidelberg: Physica.

- DIXIT, A. UND B. NALEBUFF (1991) *Thinking Strategically*. New York: Norton. (*Einführung in die Spieltheorie anhand zahlreicher Beispiele.*)
- EISENFÜHR, F. UND M. WEBER (1994) *Rationales Entscheiden*. Berlin u.a.: Springer. (*Sehr gute Einführung in die Entscheidungstheorie. Spieltheoretische Modelle werden nicht behandelt. Dafür werden aber Grundlagen gelegt (Risiko, Nutzentheorien, Zeitpräferenzen, Präferenztheorien etc.), die in spieltheoretischen Lehrbüchern meist zu kurz kommen.*)
- FUDENBERG, D. UND J. TIROLE (1991) *Game Theory*. Cambridge: MIT Press. (*Umfassendes Lehrbuch über Spieltheorie auf hohem Niveau.*)
- GINTIS, H. (2000) *Game Theory Evolving. A Problem-Centered Introduction to Modelling Strategic Interaction*. Princeton: Princeton University Press. (*Moderne Einführung in die Spieltheorie. Berücksichtigt auch Modelle evolutionärer Spieltheorie und die „New Behavioral Game Theory“.*)
- HOLLER, M. UND G. ILLING (2003) *Einführung in die Spieltheorie*. 5. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer.
- HARSANYI, J. UND R. SELTEN (1988) *A General Theory of Equilibrium Selection in Games*. Cambridge: MA, MIT-Press. (*Die „Rationalitätstheorie“ der Nobelpreisträger Harsanyi und Selten.*)
- LUCE, D. UND H. RAIFFA (1957) *Games and Decisions*. New York: Wiley. (*Klassisches Lehrbuch der Entscheidungs- und Spieltheorie.*)
- MUELLER, U. (HG.) (1990) *Evolution und Spieltheorie*. München: Oldenbourg. (*Sammlung von klassischen Beiträgen zur evolutionären Spieltheorie.*)
- OCKENFELS, A. (1999) *Fairness, Reziprozität und Eigennutz*. Tübingen: Mohr. (*Systematisierung experimenteller Befunde aus dem Blickwinkel einer Variante der „Behavioral Game Theory“. Berücksichtigung von Fairness und Reziprozität in der Spieltheorie.*)
- RASMUSEN, E. (1994) *Games and Information. An Introduction to Game Theory*. Oxford: Blackwell. (*Moderne und auch didaktisch gut aufbereitete Einführung in die Spieltheorie und ihre Anwendungsmöglichkeiten in den Sozialwissenschaften; berücksichtigt aktuelle Entwicklungen.*)
- RIECK, C. (1993) *Spieltheorie, Einführung für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler*. Wiesbaden: Gabler. (*Gute deutschsprachige Einführung in die Spieltheorie.*)
- RAPOPORT, A. (1998) *Decision Theory and Decision Behaviour*. London: Macmillan. (*Eine ausgezeichnete Darstellung der Entscheidungstheorie und der Spieltheorie.*)
- RAPOPORT, A. UND A. CHAMMAH (1965) *Prisoner's Dilemma*. Ann Arbor: University of Michigan Press. (*Klassische experimentelle Untersuchung des iterierten Gefangenendilemmas und der Tit-for-Tat-Strategie.*)
- VON NEUMANN, J. UND O. MORGENSTERN (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press. (*Die erste systematische Darstellung der Spieltheorie von ihren Erfindern.*)

Rational Choice (siehe auch Spieltheorie)

- AXELROD, R. (1984) *Evolution of Cooperation*. New York: Basic. (*deutsche Übersetzung: Die Evolution der Kooperation. München: Oldenbourg, 1987.*) (*Das Buch analysiert die Ergebnisse der Computerturniere mit dem iterierten Gefangenendilemma, aus dem „tit for tat“ als Siegerstrategie hervorging. Axelrods Untersuchung hat seither die spieltheoretische Analyse von Kooperation wesentlich stimuliert.*)

- BECKER, G. (1976) *The Economic Approach to Human Behavior*. Chicago: Chicago University Press. (*Sammlung zentraler Arbeiten zur RC Modellierung von soziologischen Fragestellungen.*)
- BECKER, G. (1996) *Accounting for Tastes*. Cambridge: Cambridge University Press. (*Sammlung von Aufsätzen zur Endogenisierung von Präferenzen in RC Modellen mit Anknüpfungspunkten zur Soziologie.*)
- BOHNEN, A. (1975) *Individualismus und Gesellschaftstheorie*. Tübingen: Mohr. (*Durkheims Forschungsprogramm wird in dieser Arbeit auf Basis des methodologischen Individualismus rekonstruiert.*)
- BOUDON, R. (1979) *Widersprüche sozialen Handelns*. Neuwied und Darmstadt: Luchterhand.
- BOUDON, R. (1980) *Die Logik gesellschaftlichen Handelns. Eine Einführung in die soziologische Denk- und Arbeitsweise*. Neuwied und Darmstadt: Luchterhand. (*Beide Bücher von Boudon sind anregende Einführungen in die Denkweise einer RC-orientierten Soziologie. Einen Schwerpunkt bilden Rekonstruktionen klassischer soziologischer Erklärungsskizzen.*)
- BRAUN, N. UND T. GAUTSCHI (2011) *Rational-Choice-Theorie*. Weinheim und München: Juventa.
- COLEMAN, J. (1990) *Foundations of Social Theory*. Boston: Harvard University Press. (*deutsche Übersetzung: Grundlagen der Sozialtheorie, 3 Bde. München: Oldenbourg, 1995.*) (*Grundlegendes Werk zur Anwendung des Rational Choice Ansatzes in der Sozialtheorie.*)
- DIEKMANN, A. UND T. VOSS HG. (2003) *Rational-Choice Theorie in den Sozialwissenschaften. Festschrift für Rolf Ziegler*. München: Oldenbourg. (*Neuere Beiträge zu Grundlagen und Anwendungen der RC-Theorie.*)
- ELSTER, J. (1989) *Nuts and Bolts for the Social Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press. (*Übersicht über theoretische Instrumente und Ideen zur Modellbildung individuellen Handelns und seiner kollektiven Folgen.*)
- ESSER, H. (1993) *Soziologie. Allgemeine Grundlagen*. Frankfurt: Campus. (*Umfassendes Lehrbuch zur Grundlegung der Soziologie. Wird vertieft durch die „speziellen Grundlagen“.*)
- ESSER, H. (2000) *Soziologie. Spezielle Grundlagen*. Bd. 1-6. Frankfurt: Campus.
- FREY, B. (1990) *Ökonomie ist Sozialwissenschaft. Die Anwendung der Ökonomie auf neue Gebiete*. München: Vahlen.
- HECHTER, M. (1987) *Principles of Group Solidarity*. Berkeley: University of California Press.
- HECHTER, M. UND K. OPP (HG.) (2001) *Social Norms*. New York: Russell Sage.
- HOMANN, K. UND A. SUCHANEK (2000) *Ökonomik. Eine Einführung*. Tübingen: Mohr. (*Sehr guter Überblick zu zentralen Themen der RC-Theorie wie Kooperation, Institutionen, Märkte, Politik und Organisationen.*)
- OLSON, MANCUR (1965) *The Logic of Collective Action*. Cambridge, Harvard University Press. (*deutsche Übersetzung: Logik kollektiven Handelns, Tübingen, Mohr, 1998.*) (*Klassische Arbeit zum Kollektivgut- und Trittbrettfahrerproblem.*)
- OPP, K. (1983) *Die Entstehung sozialer Normen*. Tübingen: Mohr.
- SCHELLING, T. (1978) *Micromotives and Macrobehavior*. New York: Norton & Company, Inc. (*Klassische Arbeiten über die nicht-intendierten kollektiven Folgen individuellen Handelns.*)

- THALER, R. (1992) *The Winner's Curse. Paradoxes and Anomalies of Economic Life*. Princeton: Princeton University Press. (Behandelt anhand von Beispielen und Experimenten zahlreiche „Anomalien“ der Nutzentheorie.)
- VANBERG, V. (1998) *Die zwei Soziologien. Individualismus und Kollektivismus in der Sozialtheorie*. Tübingen: Mohr.
- VARIAN, H. (1992) *Microeconomic Analysis*. New York: Norton. (Grundlegendes Lehrbuch der Preistheorie mit vielen Beispielen der RC Modellierung.)
- VOSS, T. (1985) *Rationale Akteure und soziale Institutionen*. München: Oldenbourg. (Analyse des wiederholten Gefangenendilemmas und der Folgen für die Sozialtheorie.)
- WEEDE, E. (1992) *Mensch und Gesellschaft. Einführung in die Soziologie aus der RC-Perspektive*. Tübingen: Mohr. (Behandelt werden zahlreiche klassische Fragestellungen auf der Basis moderner Forschung.)

Dynamische Modelle und stochastische Prozesse

- BARTHOLOMEW, D. (1982) *Stochastic Models for Social Processes*. New York: Wiley, third edition. (Umfassender Überblick über Ansätze zur stochastischen Modellierung sozialer Prozesse.)
- DIEKMANN, A. UND P. MITTER (HG.) (1984) *Stochastic Models of Social Processes*. New York: Academic Press.
- HARDER, T. (1994) *Dynamische Analyse*. Regensburg: Pustet. (Einführung in die mathematischen Grundlagen dynamischer Modellierung für Sozialwissenschaftler.)
- TUMA, N. UND M. HANNAN (1984) *Social Dynamics. Models and Methods*. Orlando: Academic Press. (Systematische Behandlung dynamischer Modelle und Schätzverfahren der Ereignisanalyse.)

Modelle selbstorganisierender Systeme

- HELBING, D. (1993) *Stochastische Methoden, nichtlineare Dynamik und quantitative Modelle sozialer Prozesse*. Aachen: Shaker (engl.: Dordrecht, Kluwer, 1995). (Mathematisch anspruchsvolle Darstellung von nichtlinearen Modellen zur Beschreibung stochastischer, synergetischer und chaostheoretischer Phänomene mit verschiedenen sozialwissenschaftlichen Anwendungen.)
- WEIDLICH, W. UND G. HAAG (1983) *Concepts and Models of a Quantitative Sociology*. Berlin: Springer. (Grundlegende Arbeit über stochastische Mehrebenenmodellierung von sozialen Prozessen.)

Weitere Gebiete

- WASSERMAN, S. UND K. FAUST (1994) *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press. (Umfassendes Lehrbuch zu den grundlegenden Verfahren der Netzwerkanalyse.)

Zeitschriften

Insbesondere in den US-amerikanischen Fachzeitschriften (*ASR*, *AJS*) findet man öfter auch modelltheoretische Arbeiten. Daneben gibt es einige spezialisierte Zeitschriften, in denen

überwiegend Arbeiten erscheinen, die Techniken der Modellbildung und Simulation verwenden. Dies sind:

- JOURNAL OF CONFLICT RESOLUTION (*Sage Publications, Ingenta, JSTOR*)
- JOURNAL OF MATHEMATICAL SOCIOLOGY (*Taylor & Francis*)
- RATIONALITY & SOCIETY (*Sage Publications, Ingenta*)
- SOCIOLOGICAL METHODS & RESEARCH (*Sage Publications, Ingenta*)
- JOURNAL OF ARTIFICIAL SOCIETIES AND SOCIAL SIMULATION

Literaturverzeichnis

- BRAUN, N. UND T. GAUTSCHI (2011) *Rational-Choice-Theorie*. Weinheim/München: Juventa.
- EDMONDS, B. UND R. MEYER (2013) *Simulating social complexity. A Handbook*. New York: Springer.
- ESSER, H. (1993) *Soziologie. Allgemeine Grundlagen*. Frankfurt: Campus.
- ESSER, H. (1999, 2000) *Soziologie. Spezielle Grundlagen*. Band 1–6. Frankfurt: Campus.
- GILBERT, N. UND K. G. TROITZSCH (1999) *Simulation for the social scientist*. Buckingham.
- HOLLER, M. UND G. ILLING (2003) *Einführung in die Spieltheorie*. 5. Auflage Berlin und Heidelberg: Springer.
- JANICH, P. (Hg.) (1992) *Entwicklungen der methodischen Philosophie*. Frankfurt: Suhrkamp.
- KAMLAH, W. UND P. LORENZEN (1967) *Logische Propädeutik. Vorschule des vernünftigen Redens*. Mannheim: Bibliographisches Institut.
- KLEIN, R. UND A. SCHOLL (2011) *Planung und Entscheidung. Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse*. München: Vahlen.
- TROITZSCH, K. G. (1996) „Simulation and Structuralism.“ S. 183–208 in: R. HEGSELMANN, K. G. TROITZSCH UND U. MUELLER (Hg.) *Modelling and Simulation in the Social Sciences from the Philosophy of Sciences Point of View*. Dordrecht: Kluwer.

2 Modellbildung in den Sozialwissenschaften*

Nicole J. Saam^a und Thomas Gautschi^b

^aUniversität Erlangen-Nürnberg

^bUniversität Mannheim

Zusammenfassung. Alle Modellbegriffe in den Sozialwissenschaften lassen sich wissenschaftsphilosophisch einordnen, fundieren und hinterfragen. Daher stellt der Beitrag Eckpfeiler der wissenschaftsphilosophischen Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Modellen vor, soweit sie sozialwissenschaftlich relevant sind und zum Verständnis sowie zur Reflexion über sozialwissenschaftliche Modellbildung beizutragen vermögen. Vor diesem Hintergrund legen wir einen Versuch vor, das Forschungsfeld durch zwei übergreifende Zielsetzungen sozialwissenschaftlicher Modellbildung im Sinne einer gestaltgebenden Strukturierung zu systematisieren. Unseres Erachtens lässt sich das Feld durch zwei Scientific Communities beschreiben, für deren Selbstbeschreibung das Konzept der mathematischen Soziologie bzw. die Theorie rationalen Handelns zentral sind. Zur Illustration werden entsprechende Modelle kurz vorgestellt.

1 Einleitung

„When presenting a model, scientists perform two different acts: they present a hypothetical system as object of study, and they claim that this system is a representation of the particular part or aspect of the world that we are interested in, the so-called target system“ (Frigg 2010b: 252). Diese wissenschaftsphilosophische Beschreibung trifft auch den Kern sozialwissenschaftlicher Modellbildung, wie sie in diesem Handbuch im Mittelpunkt steht, und sie sei hier der Aussage des nicaraguanischen Schriftstellers, Menschenrechtlers und zeitweiligen Politikers Sergio Ramírez gegenüber gestellt, der über seine Tätigkeit als Schriftsteller sagte: „Als Schriftsteller bedrängt mich die Düsternis der Wirklichkeit, und doch habe ich den besten Beruf

* Für Hinweise und Kommentare danken wir Claus Beisbart, Michael Schmid und Thomas Voss.

der Welt. Ich muss mir mein eigenes Modell bauen“ (TAZ, 24. Mai 2006). Beide Aussagen stehen in einem Spannungsverhältnis zueinander, jedenfalls beim ersten Lesen. Wendet man sich neueren wissenschaftsphilosophischen Ansätzen der Modelltheorie zu, so ergeben sich ungeahnte Verbindungsmöglichkeiten. Die Anwendung fiktionstheoretischer Ansätze – beispielsweise durch Frigg (2010a, b) und Toon (2010a, b) – in der Wissenschaftsphilosophie der Modellbildung provoziert traditionelle wissenschaftliche Modellierer und regt zugleich dazu an zu fragen, welche Ähnlichkeiten zwischen (sozial-)wissenschaftlicher Modellbildung und Fiktion bestehen. Der vorliegende Handbuchbeitrag wird diese neuen Entwicklungen aufgreifen, um darüber auch einen sozialwissenschaftlichen Diskurs anzuregen (vgl. Kap. 2.1).

Zunächst werden daher Eckpfeiler der wissenschaftsphilosophischen Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Modellen dargestellt, soweit sie sozialwissenschaftlich relevant sind und zum Verständnis sozialwissenschaftlicher Modellbildung beizutragen vermögen. Alle Modellbegriffe in den Sozialwissenschaften lassen sich wissenschaftsphilosophisch einordnen, fundieren und hinterfragen (Kap. 2). Anschließend werden einige wichtige in den Sozialwissenschaften zugrunde gelegte Modellbegriffe vorgestellt (Kap. 3). Im nächsten Schritt stellen wir Zielsetzungen sozialwissenschaftlicher Modellbildung dar (Kap. 4). Zuletzt wird ein Überblick über sozialwissenschaftliche Modelle gegeben, der helfen soll, die Vielzahl der in diesem Handbuch behandelten Modelle aus soziologischer Perspektive einordnen zu können (Kap. 5).

2 Modelle – wissenschaftsphilosophische Grundlagen

Zentrale wissenschaftsphilosophische Fragen adressieren die Ontologie (was sind Modelle?), Semantik (welche repräsentative Funktion erfüllen Modelle?) und Epistemologie (wie lernen wir mit Modellen?) wissenschaftlicher Modelle. Im Folgenden wird ein kompakter Überblick über die Antworten auf diese Fragen gegeben. Ergänzend werden wissenschaftsphilosophische Positionen zum Verhältnis von Modellen und Theorien sowie zu den Funktionen wissenschaftlicher Modelle dargestellt. Die wissenschaftsphilosophischen Grundlagen werden schließlich in Bezug zu sozialwissenschaftlicher Modellbildung gesetzt.

2.1 Was sind wissenschaftliche Modelle?

Der ontologische Status wissenschaftlicher Modelle wird in der Wissenschaftsphilosophie erst in jüngster Zeit wieder zu einer leidenschaftlich diskutierten Forschungsfrage. Bevor die Vorstellung wieder aufgegriffen wurde, dass sie fiktionale Objekte sind, wurde wissenschaftlichen Modellen der ontologische Status von physikalischen Objekten, mengentheoretischen Strukturen, Beschreibungen, Gleichungen oder von Kombinationen dieser Objekte zugeschrieben (vgl. die Übersicht bei Frigg & Hartmann 2012).

Dass einige wissenschaftliche Modelle physikalische Objekte sind, ist dabei unbestritten. Sie werden als materielle Modelle bezeichnet. Hierzu zählen beispielsweise das Metallmodell der DNA von Watson und Crick oder das hydraulische Modell der

Wirtschaft von Phillips. Alle Versuchstiere, mit denen in den *Life Sciences* anstelle von Menschen Experimente durchgeführt werden, sind materiale Modelle.

Die Sichtweise, dass wissenschaftliche Modelle mengentheoretische Strukturen sind, wird von Vertretern verschiedener semantischer Ansätze der Wissenschaftstheorie vertreten (z.B. Suppes 1960; Balzer, Moulines & Sneed 1987; Giere 1988; Suppe 1989; van Fraassen 1997; siehe auch den Beitrag von Balzer & Moulines in diesem Handbuch). Jenseits aller Differenzen im Einzelnen dient die Mengentheorie als zentraler Bezugspunkt. Frigg (2006: 51f.) hat den Strukturbegriff dieser semantischen Ansätze rekonstruiert: Eine Struktur lässt sich demnach mengentheoretisch definieren als geordnete Menge aus drei Elementen, dem Tripel $S = \langle U, O, R \rangle$, wobei U eine nicht-leere Menge von Gegenständen („individuals“) bezeichnet, die Universum, Grundbereich oder Träger der Struktur genannt wird. Auf dieser Ebene der Abstraktion ist es vollkommen unerheblich, woraus diese Menge besteht (anders formuliert: aus welchen Elementen sie besteht). Wichtig ist nur, dass es eine gewisse Anzahl dieser Elemente gibt. O bezeichnet eine geordnete Menge von Operationen (die auch leer sein kann) und R eine nicht-leere geordnete Menge von Relationen, die sich beide auf die Träger der Struktur beziehen. Auf dieser Ebene der Abstraktion ist es ebenfalls unerheblich, worin die Relationen inhaltlich bestehen. Wichtig ist nur, dass explizit gemacht ist, zwischen welchen Elementen welche Relation besteht. Mit anderen Worten: es sind letztlich nur von Relationen abgeleitete Eigenschaften relevant wie ihre Transitivität, Reflexivität und Symmetrie. Es ist argumentiert worden, dass sich Operationen letztendlich auf Relationen zurückführen lassen, da jede Operation mit n Argumenten in eine $(n + 1)$ -stellige Relation überführt werden kann (vgl. Frigg 2006: 52). Gegen die Sichtweise, dass Modelle Strukturen sind, ist eingewendet worden, dass viele Typen von wissenschaftlichen Modellen keine Strukturen sind (Cartwright 1999; Morrison 1999).

Jüngst ist argumentiert worden, dass sich die große Mehrzahl wissenschaftlicher Modelle weder als physikalische noch als mathematische Objekte klassifizieren lässt (Contessa 2010: 217). Beispielsweise existiert das Modell des vollkommenen Marktes in der Vorstellungswelt einer Wissenschaftlerin und es bedarf keines materialen Modells hiervon, damit es seine repräsentierende Funktion erfüllen kann. Obwohl das Modell des vollkommenen Marktes auch mit Hilfe mathematischer Modelle beschrieben werden kann, handelt es sich aus ontologischer Perspektive nicht einfach um ein mathematisches Objekt. Wenn sich das Marktgleichgewicht ergibt wie durch bestimmte Gleichungen beschrieben, dann deshalb, weil dem vollkommenen Markt bestimmte Merkmale zugeschrieben werden. Zum Beispiel wird angenommen, dass der Marktmechanismus durch Angebot und Nachfrage nach Gütern gekennzeichnet ist. Es sind Angebot und Nachfrage, die das Gleichgewicht auf dem vollkommenen Markt in der durch die Gleichungen beschriebenen Weise erzeugen. Die Gleichungen sind nicht der vollkommene Markt – sie sind nur hilfreiche Mittel, um einige Aspekte vollkommener Märkte zu beschreiben. Es ist vorgeschlagen worden, solchen Modellen den ontologischen Status imaginärer Objekte zuzuschreiben und die betroffenen wissenschaftlichen Modelle als fiktive Modelle zu bezeichnen (z.B. Contessa 2010: 219). Darüber wie man Fiktionen in der Wissenschaft verstehen kann, ist nun eine leidenschaftliche wissenschaftsphilosophische Debatte entflammt. Die Beantwortung dieser Frage

ist nicht nur für die Ontologie von wissenschaftlichen Modellen bedeutend, sondern sie hat Folgen für die Semantik und Epistemologie wissenschaftlicher Modelle. In der Wissenschaftsphilosophie wurde die Bedeutung von Fiktionen für wissenschaftliches Denken erstmals durch den Neukantianer Vaihinger (1911) herausgestellt. Die Vorstellung, dass fiktive Objekte im ontologischen Sinne existieren sollten, hat jedoch starke Abwehr hervorgerufen. Fine (1993) hat insbesondere Quines (1948) diesbezüglich zum Ausdruck gebrachte Skepsis dafür verantwortlich gemacht, dass sich die Wissenschaftsphilosophie Jahrzehnte lang nicht mehr für fiktive Objekte interessiert hat. In jüngster Zeit stehen sich nun drei Positionen gegenüber: Während (i) Barberousse & Ludwig (2009), Contessa (2010), Frigg (2010a, 2010b), Godfrey-Smith (2006, 2009), Leng (2010) und Toon (2010) argumentieren, dass solche wissenschaftlichen Modelle fiktive Objekte sind, wird diese Sichtweise von (ii) Giere (2009), Magnani (2012), Pincock (2012, Kap. 4) und Teller (2009) explizit abgelehnt. (iii) Weisberg (2013) anerkennt, dass solchen Modellen eine heuristische Funktion zukommt. Er bestreitet jedoch, dass sie Bestandteile wissenschaftlicher Modelle sind.

In Anknüpfung an die Philosophie der Künste, insbesondere an die Ontologie der Kunstwerke (Thomasson 2006) hat French (2010) die quietistische Position von da Costa & French (2003) weiter entwickelt. Auf die Frage nach dem ontologischen Status von Kunstwerken gebe es nicht eine einzige Antwort. Das Spektrum von Kunstwerken sei hierfür zu vielfältig. Letztendlich müsse man die Praktiken der Künstler analysieren, um diese Frage beantworten zu können: „to determine the ontological status of works of art of these kinds, we must analyze the practices involved in talking about and dealing with works of these kinds and see what ontological kind(s) they establish as the proper referents for the terms“ (Thomasson 2006: 249). Thomasson argumentiert, dass einige Fragen die Ontologie betreffend schlicht nicht zu beantworten seien. In Anbetracht der Heterogenität wissenschaftlicher Praktiken überträgt French (2010) diese Aussagen zunächst auf die Ontologie wissenschaftlicher Modelle (und Theorien), bevor er auf einen pragmatisch motivierten Quietismus einschwenkt: „Taking our cue from considerations of the ontology of art, there are grounds for concluding that ‚theory‘ and/or ‚model‘ should not be taken as sortal terms and hence our fundamental question – what is the ontology of theories and models? – is ill-posed and unanswerable“ (French 2010: 248). Anstelle der ontologischen Frage wolle die quietistische Position sich der Frage zuwenden, wie Modelle repräsentierten.

2.2 Modelle und Repräsentation

Das Konzept der Repräsentation hat auch im deutschen Sprachraum das ältere Konzept der Abbildung abgelöst, das in der allgemeinen Modelltheorie zugrunde gelegt worden war. So hatte Stachowiak ein Modell als die Replikation eines Realitätsausschnitts (eines Urbilds) definiert – sein Abbild. Drei Merkmale kennzeichnen dabei das Verhältnis von Urbild und Modell: (1) das Abbildungsmerkmal: Modelle sind stets Modelle von etwas; sie sind nicht identisch mit dem Urbild, (2) das Verkürzungsmerkmal: Modelle können niemals alle, sondern nur die von einem Modellbauer als relevant bewerteten Merkmale des Urbilds enthalten, sowie (3) das pragmatische Merkmal: „Modelle (sind) ... ihren Originalen nicht per se eindeutig zugeordnet.

Sie erfüllen ihre Ersetzungsfunktion (a) für bestimmte – erkennende und/oder handelnde, modellbenutzende – Subjekte, (b) innerhalb bestimmter Zeitintervalle und (c) unter Einschränkung auf bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen“ (Stachowiak 1973: 131ff.). Im englischen Sprachraum heben Bueno (2010) und Giere (2010) in ähnlicher Weise die Bedeutung des wissenschaftlich handelnden Subjekts hervor. Repräsentation sei ein intentionaler Akt eines Subjekts, der zwei Objekte – eine Quelle und ein Ziel – miteinander verbinde. Giere (2010: 274) bringt seine intentionalistische Konzeption der Repräsentation in folgender Formulierung zum Ausdruck: „Agents (1) intend; (2) to use model, M ; (3) to represent a part of the world, W ; (4) for some purpose, P .“ Frigg (2006: 54) hat die intentionalistische Konzeption zurückgewiesen. Sie paraphrasiere das Problem, anstatt zu erklären, warum oder wie das Modell das Zielobjekt repräsentiert.

In Bezug auf wissenschaftliche Modelle stellt sich damit als erstes die Frage, welches Ziel repräsentiert wird. Hughes hat die zunächst naheliegende Sichtweise zum Ausdruck gebracht, dass wissenschaftliche Modelle Phänomene repräsentieren: „The characteristic – perhaps the only characteristic – that all theoretical models have in common is that they provide representations of parts of the world, or of the world as we describe it“ (Hughes 1997: S325). Dass wissenschaftliche Modelle Phänomene repräsentieren, wird von einer großen Vielzahl von Philosophen der Modellierung angenommen (z.B. Bailer-Jones 2003; Cartwright 1999; Contessa 2007; French 2003; Frigg 2006; Morrison 2009; Giere 2004; Suárez 2003; van Fraassen 2004). Der obige, letzte Halbsatz von Hughes eröffnet darüber hinaus Möglichkeiten der Interpretation, die dieser nicht weiter differenziert hat. Frigg & Hartmann (2012) unterscheiden Modelle von Phänomenen, von Datenmodellen und Modellen von Theorien.

Repräsentation von Phänomenen

Die Beantwortung der Frage, wie Modelle ihre Ziele repräsentieren, hat zunächst zu Versuchen geführt, Modelle anhand des Modus der Repräsentation zu klassifizieren. Einige der dabei geschaffenen Modellklassen sind weiterhin in Gebrauch, obwohl die Beantwortung obiger Frage schließlich durch eine systematische Reflexion der Relation von Modell und Ziel gesucht wurde. Frigg & Hartmann (2012) unterscheiden in diesem Sinne Skalenmodelle, Analogmodelle, idealisierte Modelle, und phänomenologische Modelle.

Die Unterscheidung von Skalen- und Analogmodellen geht auf Black (1962: 219-243) zurück. Während Skalenmodelle auf der Vergrößerung oder Verkleinerung des Zielobjekts beruhen (Beispiel: Modelleisenbahn), basiert die Repräsentation bei Analogmodellen auf der Imitation der Struktur des Zielobjekts mit Hilfe eines anderen Materials (Beispiel: das Fließen von Wasser in einem Gerinne wird durch das Fließen eines elektrischen Stromes durch einen aus Widerständen und Kondensatoren bestehenden Stromkreis modelliert). Analogmodelle postulieren eine Strukturähnlichkeit (Homomorphie) zwischen einem bereits bekannten Objekt und dem Zielobjekt mit der Absicht, neue Hypothesen über letzteres zu gewinnen. Hesse (1963) hat hierzu eine Typologie von Analogien entwickelt. Im englischen Sprachraum wurde der Begriff „idealized model“ für Modelle eingeführt, deren Repräsentation auf einer wohlüberlegten Vereinfachung beruht. Aus der Geschichte der Physik motiviert, wird dabei

die Aristotelische Idealisierung der Galileischen Idealisierung gegenübergestellt. In der Aristotelischen Tradition wird bei der Idealisierung von allen Eigenschaften abstrahiert, die man nicht für relevant erachtet (Cartwright 1989: Kap. 5), während Galileo dafür steht, dass man – gut begründet – verzerrende Annahmen in ein Modell aufnimmt (McMullin 1985). Während das Konzept der Galileischen Idealisierung in der Physik als erfolgreich gilt, ist es für die Sozialwissenschaften, insbesondere die Ökonomik, umstritten (Haase 1995: 6). Phänomenologische Modelle repräsentieren nur die beobachtbaren Eigenschaften ihrer Zielobjekte. Sie verzichten auf die Repräsentation nicht beobachtbarer Eigenschaften (Frigg & Hartmann 2012). Eine zweite Sichtweise hebt hervor, dass phänomenologische Modelle unabhängig von Theorien sind (McMullin 1968). Das neu aufgekommene Interesse an einer Theorie der Repräsentation könnte in Zukunft die Frage klären, in welcher Beziehung die dargestellten Modi der Repräsentation zueinander stehen.

Bisher dominiert in neueren Arbeiten die systematische Reflexion der Relation von Modell und Ziel. Verschiedene Varianten semantischer Ansätze in der Wissenschaftstheorie beschreiben die Repräsentationsrelation als Morphismus oder als Ähnlichkeit. Darüber hinaus liegen nicht-relationale Ansätze der Repräsentation vor.

Weit verbreitet ist die Auffassung, dass Repräsentation eine strukturerhaltende Abbildung darstellt. Ein wissenschaftliches Modell repräsentiert ein Zielobjekt, wenn die Struktur des Modells und das Zielobjekt in einem Morphismus zueinander stehen. Ohne diesen Morphismus weiter einzuschränken, vertreten Mundy (1986), Suppe (1989) und Swoyer (1991) diese Position. Anderen Modelltheoretikern ist dieser Ansatz zu schwach. Sie fordern, dass zwischen Modell und Zielobjekt eine Homomorphie (Bartels 2006), partielle Isomorphie (da Costa & French 2003; Bueno 1997) oder gar eine isomorphe Beziehung (van Fraassen 1980; Suppes 2002; French 2003) bestehen müsse. Eine homomorphe Beziehung ist dadurch gekennzeichnet, dass jedem Element x des Zielobjekts X im Modell Y genau ein Element y zugeordnet ist. Ebenso müssen die Relationen R_X , die zwischen einzelnen Elementen in X gelten, auch für die Relationen R_Y in Y gelten. Die Homomorphierelation ist asymmetrisch: mehrere Elemente des Zielobjekts X können auf identische Elemente des Modells Y abgebildet werden. Deshalb kann von einem Element des Modells nicht mehr eindeutig auf ein Element des Zielobjekts geschlossen werden. Anders ist dies bei der isomorphen Relation (Strukturgleichheit): sie ist eine restriktive Variante des Homomorphismus, da sie umkehrbar eindeutig (bijektiv) ist: zu jedem Element x des Zielobjekts X kann eindeutig ein Element y im Modell Y gefunden werden.

Giere (1988, 2004) und Teller (2001) stehen allen Varianten des Morphismus kritisch gegenüber. In der Praxis behaupteten Wissenschaftlerinnen die Ähnlichkeit (*similarity*) zwischen Modell und Zielobjekt, die in Form einer Hypothese formuliert werde und die mehr oder weniger oder überhaupt nicht zutreffen könne. Der Vorteil, die Repräsentationsrelation als Ähnlichkeit aufzufassen, besteht darin, auch vereinfachende Modelle – „idealized models“ im Sinne obiger Typologie – als Modelle anzuerkennen. Der Nachteil dieses Ansatzes besteht darin, keine Kriterien für verschiedene Arten und Grade von Ähnlichkeit angeben zu können.

Das von Hughes (1997) entwickelte DDI-Modell der Repräsentation stellt das älteste nicht-relationale Konzept der Repräsentation dar. Hughes argumentiert, dass

Repräsentation dann gegeben sei, wenn drei Schritte ineinandergreifen: Bezeichnung, Demonstration und Interpretation (*Denotation, Demonstration, Interpretation*). Die Bezeichnung stellt den Kern der Repräsentation dar und wird als unabhängig von Vorstellungen wie Ähnlichkeit gedacht. Goodman (1968) und Duhem (1906) folgend wird das Modell als Symbol für das zu repräsentierende Objekt eingesetzt: „I take a model of a physical system to ,be a symbol for it, stand for it, refer to it“ (Hughes 1997: S330, der Goodman 1968: 5 zitiert). Das Modell ermöglicht es dann, die Ergebnisse zu erzielen, für die man sich interessiert (Demonstration). Zuletzt werden die derart erzielten Ergebnisse in Bezug zum repräsentierten Objekt gesetzt und interpretiert. Repräsentation kann nicht auf einen der drei Schritte reduziert werden, sondern sie umfasst alle drei.

Suárez (2003) hat argumentiert, dass weder Morphismen noch die Ähnlichkeit zwischen Zielobjekt und Modell notwendig oder hinreichend für eine Theorie der Repräsentation sind. Hughes' DDI-Modell scheine die unplausible Konsequenz nach sich zu ziehen, dass man von einer Repräsentation noch nicht sprechen könne, wenn das Modell noch nicht zur Demonstration neuer Ergebnisse genutzt worden sei (Suárez 2010). Suárez (2004, 2009) hat stattdessen eine schlussfolgernde Konzeption der Repräsentation entwickelt, die zwei, aus seiner Sicht schwache, Forderungen beinhaltet: Eine Repräsentation liegt dann vor, wenn einerseits repräsentationale Kraft (*representational force*) gegeben ist, die letztendlich nur über die Normen wissenschaftlicher Praxis begründet werden kann. Andererseits muss das Modell die Möglichkeit bieten, ersatzweise Schlussfolgerungen in Bezug auf das Zielobjekt zu ziehen („*surrogative reasoning or inference*“). Hierzu muss das Modell zumindest ein Minimum an interner Struktur aufweisen, die in Bezug auf die Struktur des Zielobjekts interpretiert wird, und es müssen Regeln der Schlussfolgerung existieren, um korrekte und nicht korrekte Schlüsse unterscheiden zu können. Diese Konzeption von Suárez verzichtet auf die Bestimmung der Repräsentationsrelation. Stattdessen fasst sie Repräsentation als die Verbindung zweier Praktiken in der Praxis wissenschaftlicher Modellbildung auf (Suárez 2010).

Jüngst haben Frigg (2010a,b,c) und Toon (2010a,b) Konzepte der Repräsentation vorgelegt, die auf der Anwendung von Kendall Waltons (1990) Fiktionstheorie darstellender Kunstwerke beruhen. Ausgangspunkt ist die menschliche Fähigkeit, sich Dinge vorzustellen. Vorstellungen können durch Gegenstände im weitesten Sinne („props“) angeregt werden. Wenn jemand sich etwas vorstellt, weil er durch einen Gegenstand dazu angeregt wurde, dann nimmt er laut Walton an einem Spiel des Glauben-Machens („game of make-believe“) teil. Frigg und Toon argumentieren, dass wissenschaftliche Modellbildung als *Make Believe*-Spiel begriffen werden kann: „Models, I think, function as props in games of make-believe“ (Toon 2010a: 305). In Toons Konzeption repräsentiert ein Modell vermöge dessen, dass es uns vorschreibt uns etwas vorzustellen: „*M* model-represents *T* if and only if *M* functions as a prop in a game of make-believe in which propositions about *T* are made fictional“ (Toon 2010b: 84), wobei *T* das Zielsystem (*target*) bezeichnet. In dieser Konzeption wird kein fiktionales Objekt notwendig, das durch die Vorstellung erzeugt wird. Vielmehr argumentiert Toon, dass das Zielobjekt direkt repräsentiert wird. Friggs (2010a,b,c) Konzeption weicht davon deutlich ab. Er argumentiert, dass jede wissenschaftliche

Modellbildung zwei Beziehungen der Repräsentation umfasst: Zwischen einer Modellbeschreibung, die Wissenschaftler ein fiktives Modellsystem imaginieren lässt, und diesem fiktiven Modellsystem besteht eine Relation der p -Repräsentation („ p “ steht für „prop“). Zwischen dem vorgestellten Modellsystem und dem Zielobjekt besteht eine t -Repräsentation („ t “ steht für „target“), deren Kern in einer Spezifikation der Regeln besteht, unter denen Ergebnisse, die sich auf das fiktive Modellsystem beziehen, in Behauptungen, das Zielsystem betreffend, umgewandelt werden können.

Die Spannweite all dieser Vorschläge für ein wissenschaftlich fruchtbares Konzept der Repräsentation erklärt Suárez (2010) aus dem Spannungsverhältnis zwischen einem analytisch-philosophischen Interesse an der Klärung der Repräsentationsrelation und dem wissenschaftsphilosophischen Interesse daran, verschiedenste in den Wissenschaften zur Anwendung kommende Modellierungspraktiken zu verstehen. In diesem Sinne unterscheidet er die Konstitutionsfrage („what is the relation R that constitutes representation?“, Suárez 2010: 92) von der pragmatischen Frage („what are the effective means that scientists employ to get representations to deliver the required ‚goods‘?“, Suárez 2010: 92).

Repräsentation von Daten

Modelle können nicht nur Phänomene repräsentieren, sondern auch Daten. Suppes (1962) hat das Konzept des Datenmodells in die Wissenschaftsphilosophie eingeführt. Er geht zunächst davon aus, dass Daten erhoben werden, um damit Theorien zu prüfen, und argumentiert dann, dass Wissenschaftlerinnen in der Regel nicht Rohdaten verwenden, um Theorien zu prüfen, sondern aufbereitete Daten (vgl. auch Woodward 1989), die sich aus modelltheoretischer Perspektive als Datenmodelle bezeichnen lassen. Frigg & Hartmann (2012) beschreiben diesen Vorgang und liefern eine Definition des Konzepts, die man bei Suppes selbst vergeblich sucht: „A model of data is a corrected, rectified, regimented, and in many instances idealized version of the data we gain from immediate observation, the so-called raw data. Characteristically, one first eliminates errors (e.g. removes points from the record that are due to faulty observation) and then present the data in a ‚neat‘ way, for instance by drawing a smooth curve through a set of points.“ Aus der Perspektive der strukturalistischen Wissenschaftstheorie werden Datenmodelle mit Modellen von Theorien verglichen, um die Theorie oder die Daten zu überprüfen (Balzer 1997: 189). Das Konzept des Datenmodells eignet sich für die wissenschaftsphilosophische Reflexion von Praktiken der Datenaufbereitung bis zur Datenmanipulation (vgl. Harris 2003).

Modelle von Theorien

Sozialwissenschaftlich sozialisierte Leser würden an dieser Stelle sicherlich erwarten, dass Modelle von Theorien eingeführt werden, in dem Sinne, in dem etwa Karl-Dieter Opp (siehe seinen Beitrag in diesem Handbuch) mit Bezug auf Ziegler (1972: 19, Fußnote 11) von einem Modell als einer formalisierten Theorie, genauer: einem formalisierten, aber interpretierten Theoriestück spricht.

Diese Sichtweise ist aus Perspektive der Wissenschaftsphilosophie unterkomplex. Stattdessen werden im Wesentlichen zwei Ansätze vertreten. Der erste Ansatz, von