

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 RX , die zwischen einzelnen Elementen in X gelten, auch für die Relationen RY 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

Giere auch als „standard view of models within the philosophy of science“ (Giere 1999: 43) bezeichnet, hat seine Wurzeln in der Metamathematik (vgl. Hodges 2008; vgl. auch die Kurzdarstellung in Hodges 2009). Der Modellbegriff tritt dort an zentraler Stelle auf. In der mathematischen Modelltheorie versteht man unter dem Modell einer Theorie eine Struktur, die die Axiome der betreffenden Theorie erfüllt. Nur wenn ein Modell dieses Kriterium erfüllt, wird es als Modell einer Theorie anerkannt.

Semantische Ansätze seien stellvertretend für die zweite Sichtweise genannt. Hier werden Theorien als Mengen von Modellen aufgefasst. Als Beispiel sei auf Balzer & Moulines verwiesen, die eine empirische Theorie als ein System betrachten, das sich aus drei Hauptkomponenten zusammensetzt: dem formalen Kern K , dem Approximationsapparat P und der Menge der intendierten Anwendungen I . Der formale Kern enthält unter anderem Klassen von potentiellen Modellen, Modellen und partiellen Modellen. Ein Modell besteht mengentheoretisch aus einer Liste von Mengen (vgl. Balzer & Moulines in diesem Handbuch: Kap. 6).

Was bisher fehlt, das ist eine umfassende Theorie der wissenschaftlichen Repräsentation. Frigg (2006) hat drei Fragen bezeichnet, die diese Theorie zu beantworten hat: (i) Was sind Modelle? (ii) Wie repräsentieren Modelle ihre Zielobjekte? (iii) Welche Modi der Repräsentation lassen sich unterscheiden? Bei der Beantwortung dieser Fragen müsse Berücksichtigung finden, dass man aus Modellen lernen wolle und dass Missrepräsentation möglich sei, und zwar nicht nur in dem Sinne, dass Fehler bei der Repräsentation gemacht würden, sondern vor allem im Sinne idealisierender Praktiken bei der Modellbildung.

2.3 *Epistemologie wissenschaftlicher Modelle*

Das Lernen mit wissenschaftlichen Modellen lässt sich in zwei Teilaspekte untergliedern: (i) Zunächst wird etwas über das Modell gelernt. (ii) Dieses Wissen wird anschließend in Wissen über das Zielobjekt umgewandelt. Swoyer hat hierfür das Konzept des „surrogate reasoning“ eingeführt. Das Explorieren des Modells dient als Ersatz für das direkte Erforschen des Zielobjekts. „Surrogate reasoning“ bezeichne ein „reasoning about a structural representation in order to draw inferences about what it represents“ (Swoyer 1991: 453). Dabei sollen die Schlussfolgerungen, die im Hinblick auf das Zielobjekt gezogen werden, wahr sein. Das ist jedoch keinesfalls selbstverständlich, und so fragt Contessa (2007: 68): „why should what happens in the model tell us anything true about what happens in the system?“. Die Antworten hängen entscheidend vom zugrundeliegenden Konzept der Repräsentation ab. Frigg & Hartmann (2012) vertreten die Einschätzung, dass es trotz zahlreicher Fallstudien bisher – mit einer Ausnahme – keine allgemeinen wissenschaftsphilosophischen Ansätze zur Beantwortung der Frage gibt, wie das Wissen über das Modell in Wissen über das Zielobjekt transformiert wird. Diese Ausnahme bezieht sich auf Analogmodelle² (z.B. Bailer-Jones & Bailer-Jones 2002). Hingegen liegen mehrere allgemeine Ansätze vor, die beschreiben, wie Wissenschaftler über Modelle lernen. Die Frage der Transformation dieses Wissens bleibt in diesen Ansätzen jedoch offen.

² Da diesen in der sozialwissenschaftlichen Modellbildung keine Bedeutung zukommt, wird auf die Darstellung hier verzichtet.

So hat Morgan (1999) ein Phasenmodell des Lernens mit Modellen vorgestellt. Gelernt wird zum einen in der Phase der Modellbildung, in der eine große Anzahl von Modellierungsentscheidungen zu treffen ist. Man lernt daraus, dass man die Erfahrung auswertet, welche Modellierungsentscheidungen zusammen passen und welche nicht. Gelernt wird sodann bei der Nutzung des entwickelten Modells. Dabei werden Aspekte des Modells verändert („manipuliert“). Aus manchen Änderungen lassen sich interessante Erkenntnisse gewinnen, die sich auch auf das Zielobjekt übertragen lassen, aus anderen nicht. Morgan argumentiert, dass die Möglichkeit, aus der Nutzung von Modellen zu lernen, mit der Repräsentation zusammen hängt: „The power to represent is intimately connected with the means of learning, but not in any single or straightforward way“ (Morgan 1999: 386).

Das Lernen mit materiellen Modellen lässt sich wissenschaftsphilosophisch auf die Epistemologie des Experiments zurückführen. Nicht so das Lernen mit nicht-materialen Modellen, z.B. das Lernen mit mathematischen Modellen. Morgan (2002, 2003, 2005) nimmt die Epistemologie des Experiments als Ausgangspunkt für die Epistemologie nicht nur, aber insbesondere mathematischer Modelle. Sie argumentiert am Beispiel ökonomischer Forschung, dass dort Laborexperimente, hybride Formen von Experimenten sowie Experimente mit Modellen durchgeführt würden. Morgan (2005) schreibt Laborexperimenten im Vergleich zu Experimenten mit Modellen das größere Erkenntnispotential zu, da die materiale Ähnlichkeit, die Kennzeichen der Repräsentation im Laborexperiment sei, den Rückschluss von den Erkenntnissen aus dem Experiment auf das Zielobjekt besser begründe. Das Lernen mit Modellen sei hingegen durch einen größeren „inference gap“ gekennzeichnet (Morgan 2002: 53ff.). Letztendlich sei das modell-basierte Denken verwandt mit Gedankenexperimenten (Morgan 2002: 42). Damit knüpft die Epistemologie der Modelle nunmehr an den Diskurs zur Epistemologie der Simulation an (vgl. den Beitrag von Saam über Simulation in den Sozialwissenschaften in diesem Handbuch).

Ein weiterer Diskurs zum Lernen mit Modellen beruht auf der These, dass Modelle einen neuen Stil des Denkens begründet haben, das sogenannte „model-based reasoning“ (siehe die Sammelbände von Magnani, Nersessian & Thagard 1999 und Magnani & Nersessian 2002). Zentrale Impulse für diese These kommen aus der Kognitionsforschung, die zunächst von Giere (1988) und Nersessian (1992) aufgenommen wurde. Studien zu „model-based reasoning“ beruhen auf einem weiten Modellbegriff: als erstes Beispiel sei Giere (2002) genannt, der Diagramme, Bilder, physikalische Modelle und abstrakte Modelle – worunter er die meisten Modelle in den Wissenschaften subsumiert – nennt, und all diese Modelle als Bestandteile verteilter kognitiver Systeme betrachtet. In der Konzeption von Nersessian (1999) umfasst modell-basiertes Denken die Konstruktion und Manipulation mentaler Modelle. Ein mentales Model ist „a structural analog of a real-world or imaginary situation, event, or process that the mind constructs to reason with. What it means for a mental model to be a structural analog is that it embodies a representation of the spatial and temporal relations among and the causal structure connecting the events and entities depicted“ (Nersessian 1992: 293). Mentale Modelle dürfe man sich nicht als Systeme von Sätzen vorstellen (Nersessian 1992: 293). In diesem Sinne sind Gedankenexperimente und wissenschaftliches Denken mit Hilfe von analogen oder visuellen Modellen Bei-

Handbuch Modellbildung und Simulation in den
Sozialwissenschaften

Braun, N.; Saam, N.J. (Hrsg.)

2015, X, 1079 S. 147 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-658-01163-5