

Modelle in der Klimaökonomik: Instrument, Bild oder Dispositiv?

Eine wissenssoziologische Annäherung

1. Einleitung: Ökonomisches Wissen von, aus und über *Integrated Assessment Models* (IAMs)

Computergestützte makroökonomische Modellierungen haben in den Wirtschaftswissenschaften¹ und der Politikberatung in den letzten Jahrzehnten mit der Entwicklung von schnellen Rechnern mit großen Datenverarbeitungskapazitäten eine große Bedeutung erlangt und sind zu einem der meistgenutzten Mittel der Wissensgenerierung im Bereich makroökonomischer Zusammenhänge avanciert.² Insbesondere in der Klima- und Nachhaltigkeitsforschung werden *Integrated Assessment Models* (IAMs) verwendet, welche sowohl physikalische und technische als auch ökonomische Aspekte in der Modellierung berücksichtigen. Dadurch soll sogenanntes »robustes Wissen« über mögliche Entwicklungspfade und zukünftige Politikfolgen produziert werden.³ Diese makroökonomischen Modellierungen unterscheiden sich vielfach in Hinblick auf ihre Grenzen, die Frage, ob sie mit technologiespezifischen Daten und Verhalten arbeiten oder aggregierte ökonomische Zusammenhänge modellieren – oder hybride Formen⁴ sind – und ob sie simulieren oder projizieren oder ob sie idealisieren oder das Gegenteil tun.⁵ Viel ist über die Methodik des Modellierens in der Wissenschaft geschrieben worden – von der grundsätzlichen Kritik des »Modell-Platonismus«⁶ bis hin zu Bestrebungen, das

1 Als computergestützte makroökonomische Modellierung werden hier alle Modelle zusammengefasst, die komplexe makroökonomische Entwicklungen mittels großer Rechenleistungskapazitäten im Rahmen eines auf mathematische Gleichungen basierten Konstrukts untersuchen.

2 Vgl. Morgan, Knuuttila 2012; Pahl, Sparsam 2017.

3 Siehe zum Beispiel Edenhofer et al. 2010; Weyant et al. 2006; Kapeller 2012.

4 Böhringer 1998.

5 Vgl. Morgan 2012; Boumans 2001; Knuuttila 2005; Braun, Saam 2015; Mäki 2002; Lenhard et al. 2007. Das Gegenstück zu *idealization* sehen Morgan und Knuuttila in *de-idealization*. Während ersteres auf die Abstrahierung von empirischen Elementen zu einem idealisierten Modell abzielt, wird bei letzterem das Modell benutzt, um eine Theorie auf konkrete Fehler und Schwächen auszutesten und zu verbessern (Morgan, Knuuttila 2012).

6 Albert 1963.

gesamte Erdsystem in Modellen abbilden zu können.⁷ Den Modellierern⁸ gemeinsam ist zumeist ein Verständnis von Wissenserzeugung, das nach möglichst realistischen Abbildungen der Wirklichkeit beziehungsweise den isolierten/idealisierten Zusammenhängen⁹ der Wirklichkeit strebt.¹⁰ Insbesondere im Bereich der Energie- und Klimapolitik sind makroökonomische Modelle gesellschaftlich relevante Werkzeuge, da die Wissenserzeugung sich in diesen Bereichen explizit an nichtwissenschaftliche Akteure, insbesondere politische Entscheider richtet.¹¹ Die machtvollen Effekte dieser »Wissensmaschinen«¹² machen sie daher zu interessanten Objekten, an denen das Verhältnis von Modell, Wissenschaft und Politik diskutiert werden kann. Aufgrund der Vielzahl an Modellen¹³ in der makroökonomischen Modellierwelt besteht auch eine hohe Bandbreite an methodischen und damit einhergehenden wissenschaftstheoretischen Konzeptionen.¹⁴ Manche Modelle isolieren lediglich Faktoren, und es wird nicht der Anspruch erhoben, alle Zusammenhänge darzustellen.¹⁵ Andere wiederum versuchen, möglichst umfassende und die Komplexität der Welt widerspiegelnde Globalmodelle zu entwickeln, wobei sowohl die naturwissenschaftlichen als auch die sozioökonomischen Zusammenhänge und Grenzen abgebildet werden sollen.¹⁶ Gleichwohl gehen Modellierer davon aus, dass ihre Modelle Wissen über die Welt liefern – sei es auch nur über Zusammenhänge oder Logiken, die formal existieren, jedoch empirisch nicht beobachtbar sind.¹⁷ Es

7 Vgl. Schellnhuber 1999; Palmer, Smith 2014.

8 In diesem Artikel benutze ich ausnahmsweise keine gendersensible Schreibweise, da es sich hier bei den Begriffen »Wissenschaftler« oder »Modellierer« nicht um tatsächliche Personen, sondern um verschiedene Rollen des Wissenschaftlers oder Modellierers, abhängig von der wissenschaftsphilosophischen Strömung, handelt.

9 Vgl. unter anderem Mayntz 2002; Frank et al. 2009; Morgan, Knuuttila 2012; Holtz et al. 2015.

10 In Bezug auf die Nutzung von Modellen in der Sozialwissenschaft und ihr Verhältnis zur theoretischen Perspektive gibt es bereits eine breite Literatur der Reflektion und Theoretisierung und Einordnung in den wissenschaftshistorischen Kontext der Methode (zum Beispiel Mayntz 2002; Gilbert, Ahrweiler 2009). Das ist in diesem Maße für die Wirtschaftswissenschaften nicht der Fall (vgl. zum Beispiel van Treeck in Ratzesberger 2015).

11 Vgl. Holtz et al. 2015; McDowall, Geels 2017; Hamarat et al. 2014.

12 Rammert 1998.

13 Die Begriffe »Modell« und »Modellierung« werden in dieser Arbeit synonym verwendet. Beide Begriffe beziehen sich auf computergestützte komplexe Berechnungen, die mithilfe eines festen, abgegrenzten Systems aus Gleichungen und Variablen bestimmte Größen kalkulieren und in ihrer Gesamtheit das »Modell« beziehungsweise die »Modellierung« ausmachen.

14 Vgl. das EMF-Projekt der Universität Stanford (<https://emf.stanford.edu/about>; Zugriff vom 17.01.2017).

15 Vgl. Morgan, Knuuttila 2012.

16 Vgl. Schellnhuber 1999; Meadows et al. 1982.

17 Wie beispielsweise die Geometrie in ihrer Idealform in der Realität zwar so nicht zu finden ist, jedoch das geometrische Wissen nichtsdestotrotz einen Zugang zum Verständnis der Welt liefern kann (in Anlehnung an Friedman 1953).

stellte sich daher immer wieder die Frage, inwiefern Modellieren explorativ ist oder ob es sich um Repräsentation, Simulation oder um weitgehend theorie- beziehungsweise empirielose Logik handelt.¹⁸

Welche Art von Wissen liefern also computergestützte makroökonomische Modelle, insbesondere IAMs, wie sie beispielsweise in der Klimapolitik- und Energiepolitikforschung verwendet werden? Um das erkennbar zu machen, müssen die Wissensvorstellungen in die verschiedenen wissenssoziologischen¹⁹ Perspektiven verortet und grob voneinander abgegrenzt werden.²⁰ Ich unterscheide dabei das positivistische von dem sozialkonstruktivistischen und dem diskurstheoretischen Wissensverständnis.²¹ Denn neben den beiden vielfach diskutierten Möglichkeiten, Modelle zu verstehen – als Instrument zur Abbildung der Objekte, von denen sie handeln (positivistisch), oder als Abbildungen der Vorstellungen der Modellierer (sozialkonstruktivistisch) über die Welt –, gibt es ein drittes Verständnis von Modellen: die Vorstellung eines Modells als Infrastruktur eines Diskurses im Sinne einer Foucault'schen Macht-Wissen-Konstellation (diskurstheoretisch).

Diese Perspektiven lassen sich in Bezug auf die Art von Wissen, die durch das Modell produziert wird, voneinander unterscheiden. Im ersten Fall werden Modelle als Methode zur Generierung von Wissen über die Funktionsweisen der ökonomischen Welt (oder Teile dieser Welt) verstanden. Im zweiten Fall soll die Untersuchung von Modellen aufklärende Aussagen über die Beschaffenheit des epistemologischen, normativen und ontologischen Verständnisses von Wissenschaft und Gesellschaft in Hinblick auf den Modellierer liefern. Im dritten Fall werden Modelle als selbstständig existierende Wissensproduzenten verstanden, die bestimmte Diskurse zulassen oder verstärken. In diesem Fall kann diskurstheoretisch von einem Dispositiv gesprochen werden. Modelle würden dann nicht mehr nur Abbildungen der Realität oder der diskursiv strukturierten Vorstellungen der Modellierer sein, sondern selber Diskurse erzeugen und damit ein Teil der Infrastruktur/des Apparats der Diskurse darstellen.²²

18 Vgl. unter anderem Morgan 2012; Mäki 2002; Kapeller 2012.

19 Inwiefern die positivistische Sicht überhaupt als eine wissenssoziologische Perspektive betrachtet werden kann, muss an anderer Stelle geklärt werden. In diesem Fall geht es um die Frage, wie und mit welchem Sinn Wissen aus Modellen aus positivistischer Sicht produziert wird.

20 Vgl. Merz, Hinterwaldner 2012.

21 Geels et al. 2016 unterscheiden in ihrem Plädoyer für einen Methodenmix in der Analyse von Transformationspfaden (*low-carbon transitions*) vier Wissenschaftsphilosophien: Positivismus, Post-Positivismus, Konstruktivismus und Relativismus. Hier soll der Fokus jedoch auf die wissenssoziologischen Großtheorien gelegt werden, sodass der für die *socio-technical transition*-Konzepte wichtige Post-Positivismus eine eher untergeordnete Rolle spielt.

22 Vgl. Bührmann, Schneider 2012.

2. Modelle und Realität: drei Perspektiven

Um die drei hier identifizierten möglichen Verständnisse von Modellwissen wissenschaftssoziologisch einzuordnen,²³ stellt sich die Frage, welche epistemologischen, ontologischen und normativen Grenzen die Vorstellungen jeweils haben, was das für die praktische Anwendbarkeit von IAMs zur Wissenserzeugung bedeutet und welche Konsequenzen dies für die Nutzung von Modellen in der Politikberatung hat.

2.1 IAMs als Instrument zur Abbildung der Realität

Das positivistische Verständnis von Modellen entspricht der herrschenden Meinung in der Wirtschaftswissenschaft, dass durch Isolation einzelner Faktoren oder Gleichungen im Rahmen von *ceteris paribus*-Bedingungen sinnvolle Erkenntnisse über die ökonomischen Zusammenhänge generiert werden können. Dieses Verständnis von Wissenschaft entlehnt seine Methoden und Forschungsfragen dem naturwissenschaftlich-mathematischen Wissenschaftsbereich, wie es Friedman in seinem berühmten Aufsatz zusammenfasst: »[...]positive Ökonomie ist oder kann eine ›objektive‹ Wissenschaft sein, und zwar in demselben Sinne wie die anderen Naturwissenschaften.«²⁴

Innerhalb dieses Verständnisses können Modelle Realität abbilden, sofern sie sich auf beobachtbare Zusammenhänge anwenden lassen beziehungsweise diese im Idealfall rekonstruieren können. »Diese Modelle sind als quantitative Repräsentationen unserer Welt zu verstehen.«²⁵ Da die meisten makroökonomischen Fragestellungen unter der Annahme vollkommener Marktbedingungen untersucht werden, ist diese Rekonstruierbarkeit aber praktisch nie gegeben. Insofern wird erkenntnistheoretisch mit einer Analogie zum Labor- oder Gedankenexperiment²⁶ beziehungsweise zur Formalwissenschaft gearbeitet.²⁷ Die Bedingungen, unter denen Zusammenhänge untersucht werden, sind in der Realität so niemals zu finden, ihre isolierte Untersuchung ist jedoch deswegen zulässig, weil der Zusammenhang »wie unter

23 Selbstverständlich gibt es so viele unterschiedliche Auffassungen von dem Zusammenhang zwischen Realität und Bild, wie es wissenschaftsphilosophische Strömungen gibt. Die Einteilung in drei Großtheorien soll in Anlehnung an den Paradigmenbegriff bei Kuhn verstanden werden und damit diejenigen theoretischen Perspektiven voneinander abgrenzen, die weitestgehend inkommensurabel sind (Kuhn 2012). In diesem Sinne ist die positivistische Sicht sicherlich auf der einen Seite zu sehen, während sozialkonstruktivistische und diskursorientierte Perspektiven eine gewisse Nähe zueinander aufweisen. Dies soll aber nicht Gegenstand dieses Artikels sein.

24 Friedman 1953, S. 4.

25 Boumans 2005, S. 1.

26 Vgl. Mäki 1992.

27 Vgl. Kapeller 2012. Modelle können auch als wahre, aber nicht empirische Funktionssysteme betrachtet werden. Milton Friedman erklärt dies so: »Euclidean geometry is an abstract model, logically complete and consistent. Its entities are precisely defined – a line is not a geometrical figure ›much‹ longer than it is wide or deep; it is a figure whose width and depth are zero. It is also obviously ›unrealistic.« (Friedman 1953).

Laborbedingungen« oder eben rein isoliert betrachtet als wahr angenommen wird.²⁸ Die komplexen Interaktionen in der realen ökonomischen Welt werden damit wie Störfaktoren betrachtet, welche den unverstellten Blick auf die »reinen« ökonomischen Zusammenhänge verhindern. In diesem Sinne wird erkenntnistheoretisch von der auf Platon zurückgehenden Vorstellung von Ideen ausgegangen, welche unabhängig von ihren empirischen Erscheinungsformen wahr sind. Tatsächliche Beobachtungen und Daten können dem widersprechen, ohne diese »Urbilder« infrage zu stellen.²⁹ IAMs basieren auf dieser Vorstellung, indem sie bestimmte Zusammenhänge isoliert und unter Annahme von Vollkommenheit (vollkommenen Märkten, rational agierenden Akteuren etc.) betrachten.³⁰ Dabei geht der Wissenschaftler davon aus, dass das makroökonomische Modell neue Erkenntnisse liefert, die ohne das Modell nicht erfahrbare gewesen wären. Erkenntnistheoretisch impliziert dies eine grundsätzliche Offenheit der Erkenntnis den Modellergebnissen gegenüber. Diese werden als wahr betrachtet, wenn das Modell ein kohärentes (und als wahr anerkanntes) Gleichungssystem unter realistischen Annahmen (*boundary conditions*) verwendet.

Das Modell wird also verstanden als idealisiertes Abbild der Realität, das Zusammenhänge aus der Realität in vollkommener Form (mathematisch) widerspiegelt.³¹ Meadows et al. definieren Modelle als »jedes vereinfachte und verallgemeinerte Bild der Realität«. ³² Dabei wird auch in dieser Perspektive nicht der Anspruch erhoben, die Realität zu reproduzieren oder zukünftige Entwicklungen valide voraussagen zu können. Vielmehr möchten die Schöpfer makroökonomischer Modelle Wirkungszusammenhänge von einzelnen Faktoren oder einzelnen Entscheidungen identifizierbar machen. Modelle und ihre Szenarioberechnung sollen nicht vorherzusagen, aber robuste Entscheidungshilfen liefern: »Das Ziel bei der Arbeit mit Szenarien ist es nicht, die Zukunft vorherzusagen, sondern Unsicherheiten besser zu erfassen, um in Anbetracht eines breiten Spektrums von möglichen Zukünften robuste Entscheidungen zu erhalten«. ³³ Dadurch lassen sich verschiedene Entwicklungspfade, abhängig von der Szenarien- oder Parameterwahl im Rahmen von Sen-

28 Diese Sichtweise auf Modelle widerspricht offensichtlich einem Wissenschaftsverständnis, das beispielsweise Karl Popper beschreibt. Wissen aus Modellen könnte aus Sicht Poppers eben gar nicht falsifiziert werden, und damit wäre der Versuch, Wahres über die Welt mittels makroökonomischer Modellierung herauszufinden, aus Poppers Sicht zum Scheitern verurteilt. Dies könnte auch im Sinne Hans Alberts als das Problem unter dem Begriff des »Modell-Platonismus« und der Immunisierung gegen Falsifikation verstanden werden (vgl. Kapeller 2012).

29 Vgl. ebd.

30 Dies ist ein Beispiel für eine Immunisierungsstrategie, die Hans Albert der Neoklassischen Ökonomik vorwirft (vgl. Albert 1963).

31 Vgl. Kricke, Reich 2015; Friedman 1953.

32 Meadows et al. 1982, S. 7; Übersetzung S.E.

33 Moss et al. 2010, S. 144; Übersetzung S.E.

sitivitätsanalysen³⁴, unterscheiden. Weitergehende Vorstellungen von Modellen liefern Ansätze der Erdsystemanalyse, welche Modelle als »Makroskope«³⁵ verstehen und damit in Analogie zum Werkzeug des Mikroskops suggerieren, dass mit Modellen auf die »Welt« geschaut werden kann.³⁶ Dies ist insofern eine Extremform des positivistischen Wissenschaftsverständnisses von Modellierung, als dass epistemologisch davon ausgegangen wird, dass Modellierungen als Instrument, als Brille auf die Welt verwendet werden können und daher vor allem benutzt werden, um komplexe Zusammenhänge sichtbar zu machen.

Normativ problematisch sind für den positivistischen Modellierer die Auswahl der Szenarien und die Entscheidung über gewisse Eingangsparameter. Daher gibt es immer wieder Versuche, die Szenarienauswahl – sei es durch Beteiligung von Betroffenen oder durch die Aufnahme von politisch diskutierten Szenarien – »extern« zu legitimieren.³⁷ Grundsätzlich bleibt jedoch aus Sicht des positivistischen Wissenschaftlers die Wahl von »politisch« determinierten Parametern schwierig. Eine Analyse der Modellierungspraktiken innerhalb der positivistischen Richtung strebt also vor allem nach einer mathematischen Verbesserung der Modelle, nach realistischeren Modellierungen oder realistischeren Annahmen. »Aus den besten Praktiken in der Klimaökonomie und den Modellierungstechniken kann viel über dieses Feld gelernt werden; leider gibt es jedoch kein Modell, das alle besten Praktiken bezüglich aller oder der meisten Fragestellungen, die wir untersuchen, vereint.«³⁸

Das Wissenschaftsverständnis, das diesem Modellverständnis zugrunde liegt, ist dem szientistischen oder auch positivistischen Forschungsstrang zuzuordnen. Wissenschaftlichkeit zeigt sich dabei durch die nach streng »objektiven« Kriterien festgelegten Methoden, die vor allem quantitativ sind und auf Nachvollziehbarkeit abheben.³⁹ Im Falle der makroökonomischen Modellierung bezieht sich das zweite Kriterium – Nachvollziehbarkeit/Reproduzierbarkeit des Ergebnisses – zumeist auf das Modellergebnis, nicht auf seine Entsprechung in der wirklichen Welt, auch wenn das von manchen als Zielvorstellung verfolgt wird. In diesem Sinne gibt es eben auch eine positivistische Kritik an Modellen, zum Beispiel der Vorwurf, dass Annahmen »willkürlich« seien. Pindyck drückt seine Kritik folgendermaßen aus:

»Modelle bieten gelegentlich den Eindruck, als ob wir mehr wissen, als wir wirklich tun. Sie schaffen eine Fassade wissenschaftlicher Legitimation, die zur Unterfütterung der Argumentation für eine bestimmte Politik benutzt werden kann. Das gilt insbesondere für Integrated-Assessment-Modelle, die zu einem umfangreichen und komplizierten Aufbau neigen, aber manchmal nicht klar dokumentiert werden. IA-Modelle bestehen typischerweise aus vielen Gleichungen, und diese Gleichungen sind im Einzelnen schwer zu prüfen (insbesondere deshalb, weil sie oft ad hoc und ohne theoretische und empirische Begründung auf-tauchen) und sind noch schwerer zu verstehen in Bezug auf ihren Zusammenhang innerhalb

34 Sensitivitätsanalysen beschreiben die Untersuchung der Veränderung des Ergebnisses in Bezug auf die Veränderung eines Parameters.

35 Schellnhuber 1999, S. 20.

36 Vgl. Boumans 2001.

37 Vgl. Schmid, Knopf 2012; Voinov, Bousquet 2010.

38 Stanton et al. 2009, S. 166; Übersetzung S.E.

39 Vgl. Delanty, Strydom 2003; Stanton et al. 2009.

des Gesamtsystems. Tatsächlich ist das Modell also nichts als ein schwarzer Kasten, eine Blackbox: Wir geben ein paar Annahmen über Treibhausgasemissionen, Diskontraten usw. ein und bekommen eine Reihe von Ergebnissen über Temperaturveränderungen, Schäden usw. heraus. Und weil der schwarze Kasten »wissenschaftlich«⁴⁰ ist, sollen wir diese Ergebnisse ernst nehmen und sie für politische Analysen verwenden.

Seine Kritik richtet sich also – innerhalb des positivistischen Paradigmas bleibend – gegen eine aus seiner Sicht schlechte Wissenschaftlichkeit, die sich bei IAMs durch »willkürliche« Annahmen, fehlende Nachvollziehbarkeit, fehlende theoretische oder empirische Fundierung und im schlimmsten Fall durch die Verfolgung einer bestimmten Politik in der Modellierung ausdrückt.

Weniger wissenschaftlich thematisiert wird innerhalb des positivistischen Paradigmas die Rolle von Macht in Bezug auf das Modellierungswissen. Macht wäre in diesem Sinne ein interessen- und nicht erkenntnisgeleiteter Störfaktor, dessen Auswirkungen auf das Modell möglichst gering gehalten werden müssen. Macht würde der Rationalität und Wissenschaftlichkeit entgegenstehen und wäre daher auch durch eine gute wissenschaftliche Praxis zu minimieren. Die Thematisierung von politischer Macht wäre nicht Teil der wissenschaftlichen Arbeit, sondern müsste über Prozesse der Qualitätssicherung, der Forschungsförderung und Transparenz sichergestellt werden.

Ein Beispiel, wie mit Modellen wissenschaftlich gearbeitet wird, wäre die Anwendung des makroökonomischen *Integrated Assessment Model* REMIND, das auf globaler Ebene bis 2100 kosteneffiziente Strategien zu einem Klimaziel modellieren kann.⁴¹ Aus szientistischer Perspektive kann das Modell komplexe Wirkungszusammenhänge zwischen Klimapolitik und ökonomischen Dynamiken berechnen und mit diesem Wissen der Politik zu rationaleren Entscheidungen raten beziehungsweise (nicht) wünschenswerte Alternativen berechnen. In diesem Rahmen werden auch partizipative Elemente zur besseren Legitimierung der Annahmen und Szenarien erprobt⁴² und als Antwort auf die als normativ angesehenen und damit nicht wissenschaftlich begründeten Werte wie Anteile der Nutzung bestimmter Ressourcen und Technologien gesehen. Gute wissenschaftliche Praxis macht sich hier vor allem durch Nachvollziehbarkeit und Transparenz⁴³ bemerkbar.

2.2 IAMs als Abbildungen von sozialen Konstrukten

Makroökonomische Modelle können jedoch nicht nur als die vereinfachten oder isolierten Abbildungen ihrer Objekte verstanden werden, sondern darüber hinaus als Abbildungen von gesellschaftlichen Konstrukten, als sinnstiftende Ordnungen und intersubjektiv geteilte Vorstellungen über die Welt.⁴⁴ Morgan und Knuutila

40 Pindyck 2015, S. 6; Übersetzung S.E.

41 Vgl. Luderer et al. 2015.

42 Vgl. Schmid, Knopf 2012.

43 Im Fall REMIND wird aus diesem Grund der Quellcode des Modells öffentlich zugänglich gemacht (siehe www.pik-potsdam.de/research/sustainable-solutions/models/remind; Zugriff vom 17.01.2017).

44 Vgl. Keller 2008.

sprechen von »Artefakten«, die konstruiert werden.⁴⁵ Der sozial formierte Kontext der Modellbildung ist dabei im Fokus der Betrachtung, und somit werden Modelle als Elemente einer »Erzählung« oder eines »Narrativs« gesehen.⁴⁶ Modelle werden damit verstanden als Abbild der sozialen Formation, die sich zur sozial konstruierten Wirklichkeit zusammensetzt.⁴⁷ Sie sind demnach Teil der Erzählung(en), mit der die Welt überhaupt erst sinnvoll verstanden werden kann. Das Modellierungswissen selber kann als in sich geschlossenes Formeluniversum begriffen werden, das »als Projektionsfläche für die Entdeckung von Zusammenhängen, das Auffinden formaler Muster«⁴⁸ zu sehen ist und damit eine bestimmte »Anschlusskommunikation« ermöglicht beziehungsweise andere ausschließt. Dies funktioniert laut Pahl und Sparsam über die »Axiomatisierung und *ceteris paribus*-Klauseln«⁴⁹ der Modellierungen, welche häufig in kleinteiligen Modifikationen getestet werden. Die Ergebnisse dieser sogenannten Sensitivitätsanalysen bilden dann das ökonomische Wissen als »Sinnüberschuss«.⁵⁰ Daher kann die Untersuchung des Modells beziehungsweise des Modellierungsvorgangs Wissen über die Erzählung liefern, aber nicht über ein außergesellschaftliches »Welt«-Objekt. Ein solches Verständnis von Modellen entspricht dem des sozialkonstruktivistischen Lagers der Sozialwissenschaften.

Dieses formalisierte Verständnis und die entsprechenden Vorstellungen über die Welt werden durch das Modell – sowohl durch die Konstruktion des Modells inklusive aller Gleichungen als auch über die Annahmen und Szenarien – abgebildet.⁵¹ Dabei sind diese Annahmen jedoch keinesfalls »willkürlich«, wie es in der positivistischen Kritik von Pindyck zum Ausdruck kommt, sondern lassen sich im Sinne von Konventionen und Narrativen innerhalb einer nicht funktionalistisch von der Gesellschaft abgetrennten »Innenwelt der Ökonomie«⁵² verstehen. Der Modellierer selbst ist dabei Träger und Übermittler von sozialen Konstrukten, die er durch verschiedenste Mechanismen internalisiert hat und im Rahmen seiner Kompetenz zum Modellbauen und der Entscheidung über »sinnvolle« Parameterannahmen in den Modellen abbildet.

»Sie sind auch bedeutende politische Instrumente. Als solche dienen sie dem Monitoring, der Vorhersage oder der Steuerung ökologischer, gesellschaftlicher, ökonomischer und anderer Systeme. Über die in sie eingeschriebenen Variablen und Hintergrundannahmen prägen sie zudem maßgeblich die Vorstellungen über die jeweiligen gesellschaftlichen Realitäten, auf die sie sich beziehen.«⁵³

45 Vgl. Morgan, Knuuttila 2012.

46 Morgan 2012.

47 Vgl. Berger, Luckmann 2005.

48 Giacovelli, Langenohl 2017, S. 43.

49 Pahl, Sparsam 2017, S. 143.

50 Giacovelli, Langenohl 2017, S. 43.

51 Vgl. Mäki 2002.

52 Maeße et al. 2016.

53 Merz, Hinterwaldner 2012, S. 307.

Dabei sind dem Modellierer im Rahmen der verschiedenen Diskurse und ihrer Deutungs- und Vorherrschaftskämpfe⁵⁴ eine gewisse Möglichkeit zur Reflektion und bestimmte Freiheitsgrade bei der Auswahl des verfolgten Diskurses überlassen. Welche Rolle dabei individuelle oder strukturelle Faktoren spielen, ist Gegenstand der unterschiedlichen Schulen der Vertreter des Sozialkonstruktivismus. Gemeinsam ist diesen jedenfalls die Annahme der begrenzten Möglichkeiten des Modellierers, außerhalb von »Erzählungen« zu agieren und damit eine irgendwie geartete »objektive« Aussage zu machen. Machtvolle Annahmen und Interessen, die sich in IAMs widerspiegeln, werden als Abbild sozialer Formationen, als Ausdruck verschiedener Narrative und Konventionen verstanden.

Aufgrund der oben genannten epistemologischen Grenzen der Sichtweise auf Modelle als Abbildungen von sozialen Konstrukten und nicht als Beobachtung von außergesellschaftlichen Zusammenhängen kommt dieser Art der Untersuchung der Rang einer Beobachtung der Beobachtung zu, also einer Beobachtung zweiter Ordnung zu. Damit entzieht sich der Beobachter einer aktiven Rolle beim Modellierungsvorgang selbst⁵⁵ und möchte – möglichst reflexiv – die Modelle in ihrer normativen und gesellschaftlichen Einbettung untersuchen. Selber als Modellierer zu fungieren wäre aus dieser Sicht eine Art epistemologischer Bruch, da hier wissenschaftlich vor allem das »wie und was« der sozialen Konstruktion und ihrer gesellschaftlichen Kontexte interessiert und nicht das Modellwissen als Informationsquelle über die objektive Welt.⁵⁶

Auf das Modell REMIND bezogen, ließe sich dieses beispielsweise in Hinblick auf bestimmte Narrative untersuchen, die in das Modell eingeflossen sind. Ein starkes gesellschaftliches Narrativ, das sich auch in einem Modell wie REMIND widerspiegelt, ist beispielsweise eine global angelegte Klimapolitik, wie es ein globaler Emissionshandel wäre – ein Narrativ also, welches einem Globalmodell inhärent ist. Auch die Frage, welche Technologien betrachtet werden und welche aufgrund fehlender gesellschaftlicher Akzeptanz eine geringe Rolle spielen, könnte hierbei vergleichend untersucht werden, und so könnten beispielsweise Unterschiede von Modellierungen je nach gewachsenem Interessen- und Diskurskontext herausgestellt werden.⁵⁷ Während Atomkraft beispielsweise im nordamerikanischen Kontext in vielen energiewirtschaftlichen Modellen eine zentrale Rolle spielt, wurden dieser Technologie im REMIND-Modell starke Restriktionen auferlegt.⁵⁸ Dies könnte in sozialkonstruktivistischer Betrachtung im Rahmen eines starken Narrativs von der Unsicherheit der Atomkraft im deutschen Debattenkontext verstanden werden.

54 Beispielsweise könnte dies im Sinne Geels als die Evolution der *socio-technical transitions* verstanden werden, in denen genau solche Entscheidungsprozesse von autoritativen Akteuren dazu beitragen, dass Nischenmodelle zu dominierenden Regimen werden können (Geels 2002).

55 Beziehungsweise begeht den sogenannten epistemologischen Bruch, der zwangsläufig mit einer Anerkennung der eigenen Einbettung einhergeht (Bühmann, Schneider 2012).

56 Vgl. Maasen et al. 2012.

57 Siehe beispielsweise Lawrence et al. 2016.

58 Vgl. Kriegler et al. 2014.

2.3 IAMs als diskurserzeugende Infrastruktur

Eine dritte Möglichkeit, wie der Zusammenhang von Modellen und ökonomischer Welt verstanden werden kann, ist die Untersuchung von Modellen als wissens- und diskurserzeugende Infrastruktur im Sinne einer diskursorientierten Wissenssoziologie.⁵⁹ Aus dieser Perspektive können Modelle nicht nur als Abbildungen von sozialen und diskursiven Strukturen verstanden werden, sondern sie erzeugen diese auch. Als eigenständig wirkende, Wissen strukturierende Apparate definieren sie, was gesehen werden kann und was nicht, welche Dinge zueinander in Beziehung stehen, was plausibel erscheint und in welcher Form das Wissen produziert und »erzählt« wird. »Bestimmte Fragestellungen und Trajektorien werden intelligibel und rigide erforschbar, solche hingegen, die sich im Rahmen jeweils akzeptierter Modellierungskulturen nicht konzise formulieren lassen, werden tendenziell aus dem Kanon wissenschaftlich-validen Wissens ausgeschlossen.«⁶⁰ Damit können Modelle nicht nur als Abbildungen von Diskursen verstanden werden, sondern auch als diskursproduzierende Dispositive.⁶¹

Dieses Verständnis bezieht sich auf die an Foucault angelehnte Diskursanalyse, die ihren Fokus auf die Art der Wissensproduktion und Macht legt. »Das Dispositiv ist immer in ein Spiel der Macht eingeschrieben, immer aber auch an Grenzen des Wissens gebunden, die daraus hervorgehen, es gleichwohl aber auch bedingen. Eben das ist das Dispositiv: Strategien von Kräfteverhältnissen, die die Typen von Wissen stützen und von diesen gestützt werden.«⁶² Modelle als wissenserzeugende Dispositive als Teil der Infrastruktur des Diskurses sind in diesem Sinne machtvolle Apparate, die den Raum des Sagbaren und Nicht-Sagbaren begrenzen.⁶³ »Insofern kann man Diskurse auch als Materialitäten sui generis verstehen.«⁶⁴ Die (wissenschaftliche) Arbeit mit Modellen hat daher immer auch mit der Untersuchung von Macht und Wirkungsaspekten zu tun, da das Wissen aus makroökonomischen Modellen gewisse diskursive Strukturen verstärkt beziehungsweise erst ermöglicht, indem es sie (re)produziert. Es muss daher aus dieser Perspektive immer nach dem historischen Kontext und der Wirkung der Modelle gefragt werden. Der Modellierer selbst hat demnach eine untergeordnete Rolle bei der Wissensgenerierung. Zentrale Untersuchungseinheit ist das Modell selbst, das möglicherweise von vielen Modellierern gebaut und bearbeitet wird, ohne dass es einen zentralen Planer mit dem Wissen über Funktionen und Kontext der Wissenseinleitung gäbe.

»Das Individuum macht den Diskurs nicht, eher ist das Umgekehrte der Fall. Der Diskurs ist überindividuell. Alle Menschen stricken zwar am Diskurs mit, aber kein einzelner und keine einzelne Gruppe bestimmt den Diskurs oder hat genau das gewollt, was letztlich dabei

59 Vgl. Verdicchio 2012; Keller 2008.

60 Pahl, Sparsam 2017, S. 143.

61 Vgl. Bührmann, Schneider 2012; Keller 2008.

62 Foucault 1978, S. 123.

63 Vgl. Bührmann, Schneider 2012.

64 Jäger 2000.

herauskommt. In der Regel haben sich Diskurse als Resultate historischer Prozesse herausgebildet und verselbständigt.«⁶⁵

Das Modell, verstanden als eine Institution des »Umfelds«⁶⁶ der Genese von Wissen zu energie- und klimaökonomischen Zusammenhängen, besteht in diesem Sinne für sich und kann durch den Modellierer zwar verändert und unterschiedliche Daten können eingegeben werden. Doch auch diese Veränderungen und die Parametrisierung des Modells durch den Modellierer werden verstanden als Materialisierung oder »Verkörperung«⁶⁷ einer diskursiven Formation – nicht einer irgendwie garteten Subjektivität des Wissenschaftlers, wie es beispielsweise Schneider oder Schütte et al. in ihren Beiträgen diskutieren.⁶⁸ Aus der an Foucault orientierten diskurstheoretischen Perspektive wird das Modell vielmehr selber als die Realität betrachtet werden, die in ihrer Genese untersucht werden soll.

Studien, die Modelle in ihrer performativen Rolle untersuchen, gibt es beispielsweise im Bereich Finanzmarkt, wo MacKenzie die Metapher eines Motors wählt und eben nicht die – in der positivistischen Sicht übliche – Vorstellung einer Kamera.⁶⁹ Aber auch im betriebswirtschaftlichen Bereich werden die Buchhaltungspraktiken auf ihre diskursive Macht-Wissen-Wirkung hin untersucht.⁷⁰ Wullweber unterscheidet zwischen mikroperformativen und makroperformativen Ansätzen, wobei der makroperformative Ansatz »betont, dass die diskursive Struktur des Finanzsystems der analytische Ausgangspunkt sein sollte, um deren Auswirkungen auf die alltäglichen Lebensverhältnisse zu untersuchen«.⁷¹ Im Bereich Klima- und Energieforschung produzieren Modelle in diesem Sinne Wissen, das Auswirkungen auf den Spielraum der Lösungsoptionen der »Klimafrage« hat. Diskursorientierte Untersuchungen von Modellierungsergebnissen beziehungsweise Wissen in ihrer performativen Wirkung sind damit sowohl auf der konzeptionellen als auch der Wirkungsebene auf Makrostrukturen ausgerichtet. Sowohl die Modellierung an sich als auch die Modellierungsergebnisse, die zu häufig weittragenden Politikempfehlungen und Entscheidungen führen können, können nicht nur mit dem einzelnen Modellierer verstanden werden. Die performative Wirkung beschränkt sich damit zuallererst auf Lösungen, die überhaupt mit dem Modell abgebildet werden können. Der Lösungsspielraum kann daher nur im Rahmen des von dem Modell produzierten Wissens liegen, wenn es um die Beratung von politischen Entscheidern geht. Was im Modell nicht ausdrückbar ist, kann auch durch den einzelnen Modellierer nicht oder zumindest nicht mittels Modell gesehen werden. Damit vollzieht sich mithilfe

65 Ebd.

66 Ebd.

67 Pahl, Sparsam 2017, S. 145.

68 Schneider 1997; Schütte, Rotthowe 1998.

69 Vgl. MacKenzie, Millo 2006. Eine Kamera impliziert – analog zum Verständnis von Modellen als Makroskop (vgl. Schellnhuber 1999) –, dass auf der anderen Seite der Kamera eine Welt, die sich abbilden lässt, steht. Dieses Verständnis legt eine klare Trennung zwischen Welt, Kamera und Abbild nahe.

70 Vgl. Mennicken, Miller 2012.

71 Wullweber 2015, S. 298.

der Modellierungen die Einheit von Wissen und Macht, welche durch die Diskussion über Modellannahmen, Parameter und Szenarien nicht aufgelöst werden kann. »Für Foucault lösten die modernen Wissenschaften vom Menschen und der damit einhergehende Wissenszuwachs nicht die emanzipativen Versprechen der Aufklärung ein, sondern transformierten lediglich die Machtverhältnisse, so dass Macht und Wissen nicht unabhängig voneinander gedacht werden können.«⁷²

Im Gegensatz zu der in Abschnitt 2.2 beschriebenen Sichtweise werden Modelle hier verstanden als »Apparate« der Wissenserzeugung, die ihre diskursive Wirkung dann entfalten, wenn sie benutzt werden. Aus dieser Perspektive sind sie Teil der Infrastruktur, die Diskurse erzeugen, und nicht das nachgeordnete Abbild des Diskurses. »Folgt man der Diskursanalyse nach Michel Foucault, existiert der Gegenstand eines Diskurses nicht vor dem entsprechenden Diskurs. Vielmehr wird dieser erst durch den Diskurs als Wissensobjekt hergestellt.«⁷³

Das Modell existiert zwar die ganze Zeit, produziert jedoch erst durch seine Benutzung als wissens- und diskurserzeugender Apparat das Wissen, welches wiederum seine eigene diskursive Wirkung hat und damit die soziale Praxis prägt. Es kann in diesem Sinne also verglichen werden mit sprachlichen Taxonomien oder Gesetzen, die durch ihre Anwendung wirken und damit Diskurse erzeugen, also das Sagbare von Nicht-Sagbarem unterscheiden, aber immer auch unabhängig von ihrer Anwendung existieren. Ihre Rolle in der Praxis und die Wirkungen dieser Anwendung sind jedoch nie als unabhängig von dem Apparat zu verstehen. Im Gegenteil: Apparat und Wissen sind untrennbar miteinander verknüpft und sind damit die »Realität«, die es als Wissenschaftler zu verstehen gilt.

Aus diskurstheoretischer Perspektive ist es die Aufgabe des Wissenschaftlers, der sich mit Modellierungen beschäftigt, zu verstehen, wie sich bestimmte Theoreme, Annahmen und Axiome des Modells und die Idee der Modellierung selbst innerhalb der Wissenschaft entwickelt haben und welche Macht- und Herrschaftsverhältnisse dem zugrunde liegen beziehungsweise durch sie gestärkt werden. Mit dieser – wenn man so will – Archäologie des Modellierungs-Dispositivs in der Ökonomie wäre das Wechselspiel zwischen Dispositiv und Diskurs zu beleuchten, also die Frage: Welche diskursiven Formationen haben dazu beigetragen, dass IAMs zum anerkannten Mittel der Wissenserzeugung wurden?

IAMs sind aus diskurstheoretischer Sicht insbesondere deswegen interessante Objekte, weil sie zum einen »harte« Zahlen liefern und damit gesellschaftlich als »objektiviertes« Wissen machtvoll genutzt werden können, um bestimmte diskursive Formationen und damit auch materielle und immaterielle Interessen durchzusetzen. Gerade die Politikberatungsfunktion von Modellen wird immer wieder als ein entscheidendes Charakteristikum herausgestellt, und nicht selten dienen die wissenschaftlichen Zahlen, also das Wissen, das Modelle produzieren, zur Legitimie-

72 Verdicchio 2012, S. 105.

73 Ebd.

rung von Politiken und zur Disziplinierung zu rationalem, das heißt auf Modellierungswissen gestütztem Verhalten und zu entsprechenden Entscheidungen.⁷⁴

Zum anderen bieten die komplexen und für den einzelnen Modellierer häufig undurchschaubaren und gewachsenen Modellbildungen⁷⁵ ein geradezu idealtypisches Beispiel für die historisch-kontingente Entwicklung der materiellen Infrastruktur, auf der ein Diskurs beruht, welche nicht von einzelnen Subjekten bewusst gesteuert wird, sondern sich vielmehr aus einer Vielzahl von Modellierungspraktiken und diskursiven Formationen ergibt. Ein Beispiel für die diskursive Materialisierung in Modellen wäre die Festlegung des Modells auf eine perfekte Vorausschau (*perfect foresight*), welche dem Agenten oder Produktionsfaktor die Entscheidung über Investments oder Mengen/Preise unter der Annahme der Kenntnis aller zukünftigen Stadien einschreibt. Dies ist nur ein triviales Beispiel unter den tausenden Annahmen, Korrelationen und Grenzen, die Modellen inhärent sind und welche – mit jeder noch so kleinen Entscheidung – das definieren, was sinnvollerweise von dem Modell her gesehen werden kann und damit das Wissen im Sinne der diskursiven Formation strukturiert. Letztlich bleibt dabei keine ontologische Unterscheidung mehr zwischen Welt, Modell und Wissenschaft, vielmehr werden Modell und Wissenschaft als Teil einer Welt, die sich diskursiv formiert, verstanden.

3. Zusammenfassung und Diskussion: IAMs, Wissenschaft und Politik

Als was *Integrated Assessment Models* verstanden werden, ob als Simulation und makroskopisches Bild der Welt, als Abbild einer sozial konstruierten »Wirklichkeit« oder als diskurserzeugendes Dispositiv, ist Gegenstand wissenschaftsphilosophischer Reflektionen. Hier wurden drei verschiedene wissenssoziologische Perspektiven auf IAMs betrachtet. In der positivistischen Perspektive entsteht das Wissen aus einer Welt, die sich im Modell (wider)spiegelt – sei es als Simulation oder als isolierte/idealisierte Darstellung der realweltlichen Zusammenhänge –, und dieses Wissen kann im Anschluss durch den Modellierer verstanden und verwendet werden. In der sozialkonstruktivistischen Perspektive kommt das Wissen aus einer sozial konstruierten Welt, die nur über ein »sinnhaftes« Verstehen zugänglich ist. Dieses Wissen über die Welt bildet sich über Mechanismen wie *ceteris paribus*-Bedingungen, Ausschluss von Faktoren, Grenzen, Parameter, Szenarien, Modelldynamiken und viele weitere Faktoren im Modell ab. Damit werden diejenigen Bilder und Narrative, die der Modellierer über die Welt hat, im Modell reproduziert. Der (sozialkonstruktivistische) Wissenschaftler beobachtet in diesem Sinne den Prozess der Wissensformation über den Modellierer. In der diskursorientierten Sicht lässt sich das Wissen nicht mehr von der Welt und dem Modellierungsvorgang trennen. Das Modell ist Teil des komplexen Apparats, welches bestimmt, was überhaupt in den Raum des Seh- und Verstehbaren kommt. Auch der Wissenschaftler ist Teil dieses

74 Vgl. Dieckhoff 2015.

75 Vgl. Boumans 2001.

»Dispositiv« und kann damit – gleich dem Modellierer – Machteffekte (re)produzieren.

Abhängig von der wissenschaftstheoretischen Perspektive – man könnte sogar von Paradigmen sprechen – werden Modelle also unterschiedlich bewertet und eingeordnet.

»Ob bestimmte Studien »gut« oder »schlecht« sind, hängt von den Maßstäben ab, die von der jeweiligen Nutzergruppe angelegt werden, der Gruppe also, die eigene spezielle erkenntnistheoretische Ziele und Interesse damit definiert. Die Bewertung jedweder Simulation ist von den Erwartungen, Antizipationen und Erfahrungen jener Nutzergemeinschaften geleitet, die sie anwenden.«⁷⁶

Die Wahl der Perspektive hat damit entscheidende Folgen für die Antwort auf die Frage, zu welchem wissenschaftlichen Nutzen und in welchem wissenschaftlichen Paradigma Modelle sinnvoll herangezogen werden können. Während in dem positivistischen Verständnis Modelle als Methode und Werkzeug zur Wissensgenerierung anerkannt sind und damit das Modellieren selbst als Teil der wissenschaftlichen Arbeit verstanden wird, werden in den sozialkonstruktivistischen und diskursorientierten Ansätzen Modelle eher als Studienobjekte betrachtet, deren Untersuchung Wissen über die gesellschaftlichen und diskursiven Strukturen liefert, nicht aber direkt über den ökonomischen Gegenstand der Modellierung selber. Sozialkonstruktivistische oder diskursorientierte Kritik an Modellannahmen ist daher nicht zu erwarten, da hier das Wissen aus und über Modelle anders verstanden wird als in der positivistischen Perspektive. In der sozialkonstruktivistischen Perspektive ist es beispielsweise schlichtweg nicht denkbar, aus den Modellen etwas über eine außergesellschaftliche Realität zu erfahren. Die Kritik, nicht das Richtige zu messen oder eine »falsche« oder »willkürliche« Annahme zu benutzen, kann daher sozialkonstruktivistisch nicht fundiert werden. Im Gegenteil, gerade auch die sogenannten »willkürlichen«⁷⁷ Annahmen können in der sozialkonstruktivistischen, aber auch diskursorientierten Sicht in ihrer historischen Genese und gesellschaftlichen beziehungsweise diskursiven Einbettung untersucht und verstanden werden. Es lässt sich schlussfolgern, dass aus Perspektive 2 und 3 heraus aufgrund der unterschiedlichen epistemologischen Grundannahmen und Vorstellungen von Wissen aus Modellen keine Kritik an Perspektive 1 formuliert werden kann, mit der deren Vertreter etwas anfangen können. Die Versuche, verschiedene Perspektiven zu integrieren oder die Modellierungen für andere Ansätze zu öffnen, wie es beispielsweise Geels et al.⁷⁸ fordern, sind daher grundsätzlich zum Scheitern verurteilt.

Aber auch als Politikberatungsinstrumente sind IAMs je nach Perspektive (un)geeignet. Während aus der ersten Perspektive heraus betrachtet eine Beratung der Politik möglich und erwünscht ist, um Entscheidungen auf wissenschaftlicher, das heißt objektiver und rationaler Basis zu ermöglichen, besteht aus den anderen

76 Gilbert, Ahrweiler 2009, S. 23; Übersetzung S.E.

77 Pindyck 2015.

78 Vgl. Geels et al. 2016.

beiden Perspektiven heraus ein kritisches Verhältnis von Wissen aus Modellen und Politik.⁷⁹

Innerhalb der positivistischen Perspektive gibt es verschiedene Versuche, auf die innerhalb der Modellierungswelt wahrgenommenen Schwächen der Modellierungen zu reagieren, wie beispielsweise durch die Anwendung eines *Pragmatic Enlightened Model* (PEM)⁸⁰ oder die Entwicklung von agentenbasierten komplexen Modellen, die etwa auf die Kritik der Normativität der Optimierung eingehen.⁸¹ Doch auch dabei wird explizit die Politikberatung als Ziel der Modellierung herausgestellt: »Die Hauptüberlegung ist nicht, ob einfachere oder komplexere Modelle verwendet werden sollten, sondern ob die Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik in der Lage ist, die Ergebnisse mächtigerer und realistischerer Modelle auch in die politischen Kreise hineinzubringen.«⁸²

Aus der zweiten Perspektive heraus betrachtet, besteht ein wechselseitiges Verhältnis zwischen dem Modellierungsvorgang und der politischen Welt. Es kommt nicht nur Wissen aus dem Modell und wird transferiert in die Politik, sondern das Modell ist eben auch Abbild dieser Strukturen. Somit stärkt das Wissen aus Modellen bestimmte Narrative und kann von der Politik in diesem Sinne instrumentell genutzt werden. In diesem Rahmen könnte man auch von Wissensgemeinschaften (*epistemic communities*)⁸³ sprechen, in denen bestimmte politische oder gesellschaftliche Akteure diejenigen wissenschaftlichen Modellstudien verwenden oder nachfragen, die die gewünschten Ergebnisse liefern. Gleichwohl sind auch die Modellierer gesellschaftlich eingebunden und haben Vorstellungen über Ursache-Wirkung-Zusammenhänge, Grenzen und Annahmen sowie Szenarien des Modells, die sie absichtlich oder unabsichtlich in das Modell einfließen lassen.

Aus der dritten Perspektive heraus betrachtet, sind Modell, Diskurs und Macht und damit auch die politische Ebene nicht voneinander trennbar. Als Teil der Infrastruktur eines Diskurses sind IAMs selber normierend wirkende Apparate, die als Teil der Macht funktionieren und disziplinieren.⁸⁴ Sie definieren und determinieren, was gesehen und gedacht werden kann und was nicht. Sie produzieren ein Wissen, das über Zahlen und mathematische Formeln funktioniert, um beispielsweise im Rahmen einer makroökonomischen Nachhaltigkeitsforschung Kosten und Nutzen von verschiedenen Maßnahmen kalkulierbar zu machen. Nichtkalkulierbare Werte sind dabei genauso ausgeschlossen wie individuelle Handlungsmaximen der Akteure.⁸⁵ Über verschiedenste Elemente eines Modells, wie es beispielsweise Diskontierungen, Grenzsetzungen und Optimierungsregeln sind, materialisiert sich die

79 Vgl. Dieckhoff 2015; Daele 1996; Strohschneider 2014.

80 Vgl. Edenhofer, Kowarsch 2015.

81 Vgl. Mercure et al. 2016; Holtz et al. 2015.

82 Mercure et al. 2016, S. 113; Übersetzung S.E.

83 Vgl. Haas 1992.

84 Vgl. Bührmann, Schneider 2012.

85 Multi-Agenten-Modelle lösen dabei diese Problematik nicht, sondern verschärfen sie in gewisser Hinsicht noch, indem sie ein homogenes Verhalten von Akteuren aufgrund eines gemeinsamen Charakteristikums unterstellen.

Infrastruktur eines Diskurses und bestimmt das Wissen aus dem Modell, auf dessen Grundlage agiert und gedacht werden kann. Sie sind daher machtvolle Apparate, die eine Struktur (re)produzieren, in der das einzelne Subjekt in diesem Sinne nur Träger, Rezipient und Übermittler des Diskurses ist.

Ob sich IAMs also als Mittel zur Wissensgenerierung für wissenschaftliche und politische Beratungszwecke eignen, ob sie als Instrument, als Bild oder als Dispositiv verstanden werden, kann nur im Rahmen einer wissenschaftsphilosophischen Positionsbestimmung beantwortet werden. Diese Bestimmung ist keineswegs trivial und sollte nicht allein Wissenschaftstheoretikern überlassen werden. Gerade auch gesellschaftspolitische Anwender von Modellierungswissen sollten sich dieser theoretischen Implikationen bewusst werden, auch wenn sie vor allem politische Zwecke verfolgen. Beispiel einer solchen Auseinandersetzung über die unintendierten Folgen einer zunächst wissenschaftlich vorangetriebenen Kalkulierbarmachung von sozio-ökologischen Zusammenhängen wäre die Debatte zu den Gefahren einer Kapitalisierung der Umwelt über den Begriff der »Ökosystemdienstleistungen« und deren »Management«. Hier wird der Vorwurf erhoben, dass Umweltgüter, die berechenbar und mit einem Preis versehen werden, zu ökonomischen Gütern werden (Kommodifizierung) – mit entscheidenden materiellen und politikrelevanten Folgen.⁸⁶ Dieses Beispiel ist auch deswegen interessant, weil es dabei sowohl den Verfechtern als auch den Kritikern um eine »Rettung« der Umwelt geht. Zudem deutet dieses Beispiel darauf hin, welche machtvollen, performativen Wirkungen von kalkulativen Wissensproduzenten, wie es IAMs sind, ausgehen und welche reflexiven Lücken nicht nur wissenschaftstheoretisch, sondern gerade auch praktisch beim Akt des Modellierens bestehen.

Literatur

- Albert, Hans 1963. »Modell-Platonismus. Der neoklassische Stil des ökonomischen Denkens in kritischer Beleuchtung«, in *Logik der Sozialwissenschaften*, hrsg. v. Topitsch, Ernst, S. 406-434. Köln: Kiepenheuer & Witsch.
- Berger, Peter L.; Luckmann, Thomas 2005. *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit*. Frankfurt a. M.: Fischer.
- Böhringer, Christoph 1998. »The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling«, in *Energy Economics* 20, 3, S. 233-248.
- Boumans, Marcel 2001. »Measure for measure: how economists model the world into numbers«, in *Social Research* 68, 2, S. 427-453.
- Boumans, Marcel 2005. *How economists model the world into numbers*. London, New York: Routledge.

86 Unter anderem werden folgende Aspekte dabei kritisch diskutiert: Umweltgüter werden verhandelbar, und ihre monetäre Bewertung hängt häufig von ihrem gesellschaftlichen Nutzen ab – also die Kosten, die auf die Gesellschaft zukommen würden, wenn das Gut seine »Dienstleistung« an das System nicht erbringen würde. Zudem gibt es ein neues Innen und Außen; das bedeutet, es besteht die Gefahr, dass nur Umweltgüter, die Ökosystemdienstleistungen vollbringen, die also einen nachgewiesenen Beitrag zur Stabilisierung eines Ökosystems haben, berücksichtigt werden. Umweltziele als Selbstzweck verlieren damit ihre Geltungskraft und werden ersetzt durch den Funktionswert des Gutes.

- Braun, Norman; Saam, Nicole J. 2015. *Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*. Wiesbaden: Springer VS.
- Bührmann, Andrea D.; Schneider, Werner 2012 [2008]. *Vom Diskurs zum Dispositiv: Eine Einführung in die Dispositivanalyse*. Bielefeld: transcript.
- Daele, Wolfgang van den 1996. »Objektives Wissen als politische Ressource. Experten und Gegenexperten im Diskurs«, in *Kommunikation und Entscheidung. Politische Funktionen öffentlicher Meinungsbildung und diskursiver Verfahren*, hrsg. v. Daele, Wolfgang van den, Neidhardt, Friedhelm, S. 297-326. Berlin: edition sigma.
- Delanty, Gerard; Strydom, Piet 2003. *Philosophies of social science: the classic and contemporary readings*. Maidenhead: Open University Press.
- Dieckhoff, Christian 2015. *Modellierte Zukunft: Energieszenarien in der wissenschaftlichen Politikberatung*. Bielefeld: transcript.
- Edenhofer, Ottmar et al. 2010. »The economics of low stabilization: model comparison of mitigation strategies and costs«, in *The Energy Journal* 31, 1, S. 11-48.
- Edenhofer, Ottmar; Kowarsch, Martin 2015. »Cartography of pathways: a new model for environmental policy assessments«, in *Environmental Science & Policy* 51, S. 56-64.
- Foucault, Michel 1978. *Dispositive der Macht. Michel Foucault über Sexualität, Wissen und Wahrheit*. Berlin: Merve.
- Frank, Ulrich; Squazzoni, Flaminio; Troitzsch, Klaus G. 2009. *EPOS-epistemological perspectives on simulation: an introduction*. Reihe »Lecture Notes in Artificial Intelligence«, Nr. 5466, hrsg. v. Squazzoni, Flaminio, S. 1-11. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Friedman, Milton 1953. *The methodology of positive economics*. Chicago: University of Chicago Press.
- Geels, Frank W. 2002. »Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes. A multi-level perspective and a case study«, in *Research Policy* 31, 8-9, S. 1257-1274.
- Geels, Frank W.; Berkhout, Frans; Vuuren, Detlef P. van 2016. »Bridging analytical approaches for low-carbon transitions«, in *Nature Climate Change* 6, S. 576-583.
- Giacovelli, Sebastian; Langenohl, Andreas 2017. »Temporalitäten in der wirtschaftswissenschaftlichen Modellbildung«, in *Die Innenwelt der Ökonomie*, hrsg. v. Maeße, Jens; Pahl, Hanno; Sparsam, Jan, S. 33-54. Wiesbaden: Springer VS.
- Gilbert, Nigel; Ahrweiler, Petra 2009. »The epistemologies of social simulation research«, in *Epistemological aspects of computer simulation in the social sciences*. Reihe »Lecture Notes in Artificial Intelligence«, Nr. 5466, hrsg. v. Squazzoni, Flaminio, S. 12-28. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Haas, Peter M. 1992. »Introduction: epistemic communities and international policy coordination«, in *International Organization* 46, 1, S. 1-35.
- Hamarat, Caner; Kwakkel, Jan H.; Pruyt, Erik; Loonen, Erwin T. 2014. »An exploratory approach for adaptive policymaking by using multi-objective robust optimization«, in *Simulation Modelling Practice and Theory* 46, S. 25-39.
- Holtz, Georg et al. 2015. »Prospects of modelling societal transitions: position paper of an emerging community«, in *Environmental Innovation and Societal Transitions* 17, S. 41-58.
- Jäger, Siegfried 2000. »Diskurs und Wissen. Theoretische und methodische Aspekte einer kritischen Diskurs- und Dispositivanalyse«, in *Handbuch Sozialwissenschaftliche Diskursanalyse. Theorien und Methoden*, Band 1, hrsg. v. Keller, Reiner et al., S. 81-112. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kapeller, Jakob 2012. *Modell-Platonismus in der Ökonomie: Zur Aktualität einer klassischen epistemologischen Kritik*. Frankfurt a. M.: Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Keller, Reiner 2008. *Wissenssoziologische Diskursanalyse: Grundlegung eines Forschungsprogramms*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Knuuttila, Tarja 2005. *Models as epistemic artefacts*. Doctoral Thesis an der University of Helsinki.
- Kricke, Meike; Reich, Kersten 2015. »Konstruktivistische Ansätze«, in *Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*, hrsg. v. Braun, Norman; Saam, J. Nicole, S. 155-179. Wiesbaden: Springer VS.
- Kriegler, Elmar et al. 2014. »The role of technology for achieving climate policy objectives: overview of the EMF 27 study on global technology and climate policy strategies«, in *Climatic Change* 123, 3-4, S. 353-367.

- Kuhn, Thomas S. 2012. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lawrence, Andrew; Sovacool, Benjamin; Stirling, Andrew 2016. »Nuclear energy and path dependence in Europe's ›Energy union‹: coherence or continued divergence?«, in *Climate Policy* 16, 5, S. 622-641.
- Lenhard, Johannes; Küppers, Günter; Shinn, Terry 2007. *Simulation: pragmatic constructions of reality*. Dordrecht: Springer Science & Business Media.
- Loulou, Richard; Labriet, Maryse 2008. »ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model. Part I: model structure«, in *Computational Management Science* 5, 1-2, S. 7-40.
- Luderer, Gunnar et al. 2015. *Description of the Remind Model (Version 1.6)*. www.pik-potsdam.de/research/sustainable-solutions/models/remind/remind16_description_2015_11_30_final (Zugriff vom 18.11.2016).
- Maasen, Sabine; Kaiser, Mario; Reinhart, Martin 2012. *Handbuch Wissenschaftssoziologie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mackenzie, Donald; Millo, Yuval 2006. *An engine, not a camera. How financial models shape markets*. Cambridge: MIT Press.
- Maeße, Jens; Pahl, Hanno; Sparsam, Jan 2016. »Innenwelt der Ökonomie«, in *Die Innenwelt der Ökonomie. Wissen, Macht und Performativität in der Wirtschaftswissenschaft*, hrsg. v. Maeße, Jens; Pahl, Hanno; Sparsam, Jan, S. 1-30. Wiesbaden: Springer VS.
- Mäki, Uskali 1992. »On the method of isolation in economics«, in *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities* 26, S. 19-54.
- Mäki, Uskali 2002. *Fact and fiction in economics: models, realism and social construction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayntz, Renate 2002. *Zur Theoriefähigkeit makro-sozialer Analysen*. Frankfurt a. M.: Campus.
- McDowall, Will; Geels, Frank W. 2017. »Ten challenges for computer models in transitions research: commentary on Holtz et al.«, in *Environmental innovation and societal transitions*, hrsg. v. Huber, Andreas. Amsterdam: Elsevier (im Erscheinen).
- Meadows, Donella; Bruckmann, Gerhart; Richardson, John 1982. *Groping in the dark*. New York: Wiley.
- Mennicken, Andrea; Miller, Peter 2012. »Accounting, territorialization and power«, in *Foucault Studies* 13, S. 4-24.
- Mercure, Jean-Francois et al. 2016. »Modelling complex systems of heterogeneous agents to better design sustainability transitions policy«, in *Global Environmental Change* 37, S. 102-115.
- Merz, Martina; Hinterwaldner, Inge 2012. »Neue Bilder, Modelle und Simulationen: Zwischen Repräsentativität und Produktivität«, in *Handbuch Wissenschaftssoziologie*, hrsg. v. Maasen, Sabine et al., S. 303-316. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Morgan, Mary S. 2012. *The world in the model: how economists work and think*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Morgan, Mary S.; Knuuttila, Tarja 2012. »Models and modelling in economics«, in *Philosophy of economics*, hrsg. v. Mäki, Uskali, S. 49-87. Amsterdam: Elsevier.
- Moss, Richard H. et al. 2010. »The next generation of scenarios for climate change research and assessment«, in *Nature* 463, 7282, S. 747-756.
- Nitsch, Joachim et al. 2012. *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global*. Schlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, bearbeitet von Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Stuttgart), Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (Kassel) und Institut für neue Energien (Teltow).
- Pahl, Hanno; Sparsam, Jan 2017. »DSGE-Makroökonomik und die Krise«, in *Die Innenwelt der Ökonomie*, hrsg. v. Maeße, Jens; Pahl, Hanno; Sparsam, Jan, S. 135-158. Wiesbaden: Springer VS.
- Palmer, Paul I.; Smith, Matthew J. 2014. »Earth systems: model human adaptation to climate change«, in *Nature* 512, 7515, S. 365-366.
- Pindyck, Robert S. 2015. *The use and misuse of models for climate policy*. NBER Working Paper No. 21097. Cambridge: National Bureau of Economic Research.

- Rammert, Werner 1998. *Wissensmaschinen. Soziale Konstruktion eines technischen Mediums: Das Beispiel Expertensysteme*. Frankfurt a. M.: Campus.
- Ratzesberger, Pia 2015. »Mehr Vielfalt, bitte«, in *Süddeutsche Zeitung* vom 31. August 2015.
- Schellnhuber, Hans Joachim 1999. »Earth system: analysis and the second Copernican revolution«, in *Nature* 402, 1999, S. 19-23.
- Schmid, Eva; Knopf, Brigitte 2012. »Ambitious mitigation scenarios for Germany: a participatory approach«, in *Energy Policy* 51, S. 662-672.
- Schneider, Stephen H. 1997. »Integrated assessment modeling of global climate change: transparent rational tool for policy making or opaque screen hiding value-laden assumptions?«, in *Environmental Modeling & Assessment* 2, 4, S. 229-249.
- Schütte, Reinhard; Rotthowe, Thomas 1998. »The guidelines of modeling – an approach to enhance the quality in information models«, in *Conceptual modeling. 17th international conference of conceptual modeling*, hrsg. v. Ling, Tok Wang; Ram, Sudha; Lee, Mong Li, S. 240-254. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Stanton, Elizabeth A.; Ackerman, Frank; Kartha, Sivan 2009. »Inside the integrated assessment models: four issues in climate economics«, in *Climate and Development* 1, 2, S. 166-184.
- Strohschneider, Peter 2014. »Zur Politik der Transformativen Wissenschaft«, in *Die Verfassung des Politischen*, hrsg. v. Brodocz, Andre et al., S. 175-192. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Verdicchio, Dirk 2012. »Die diskursanalytische Wende«, in *Handbuch Wissenschaftssoziologie*, hrsg. v. Maasen, Sabine et al., S. 101-110. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Voinov, Alexey; Bousquet, Francois 2010. »Modelling with stakeholders«, in *Environmental Modelling & Software* 25, 11, S. 1268-1281.
- Weyant, John P.; De La Chesnaye, Francisco C.; Blenford, Geoff J. 2006. »Overview of EMF21: multi-greenhouse gas mitigation and climate policy«, in *Energy Journal* 27, S. 1-33.
- Wullweber, Joscha 2015. »Die Performativität des Finanzsystems und die Selektivität stratifizierter Finanzstrukturen«, in *Leviathan* 43, 2, S. 270-298.

Zusammenfassung: Wissenschaftliches Wissen über makroökonomische Zusammenhänge wird vielfach mithilfe von computergestützten Modellierungen erzeugt. Insbesondere in der Klima- und Energieforschung werden sogenannte *Integrated Assessment Models* (IAMs) entwickelt und als zentrales Instrument zur Wissenserzeugung genutzt. Dieses Wissen wird vielfach benutzt, um die ökonomische »Welt« besser zu verstehen und »rationalere« politische Entscheidungen für nachhaltige Entwicklungspfade treffen zu können. Dabei können drei wissenssoziologische Perspektiven auf IAMs unterschieden werden: die positivistische Vorstellung des Modells als ein Instrument, um auf die Welt zu schauen, das sozialkonstruktivistische Verständnis von Modellen als Abbilder der Narrative der Modellierer oder diskurstheoretisch das Verständnis von Modellen als Apparate, welche die Realität erst schaffen, die sie untersuchen sollen. Inwiefern Modelle als Mittel zur wissenschaftlichen Politikberatung genutzt werden können und welche Rolle der Wissenschaftler dabei hat, unterscheidet sich grundlegend in den drei Perspektiven. Aktuelle Versuche, welche Modellierungen für nicht-positivistische Perspektiven und Methoden öffnen beziehungsweise diese integrieren wollen, sind letztlich zum Scheitern verurteilt.

Stichworte: Modelle, Wissen, Realität, Dispositive, Diskurs, Abbild, Positivismus, Sozialkonstruktivismus, Foucault, Macht, Wissenssoziologie

Three perspectives on knowledge production with Integrated Assessment Modeling (IAMs)

Summary: Scientific knowledge about macroeconomic phenomena is often generated using computer modeling techniques. Especially in climate and energy research, so-called Integrated Assessment Models (IAMs) have been developed and are widely used as a central instrument to generate economic knowledge. This knowledge is often utilized to better understand the economic »world« and in order to attain »more rational« political decisions for sustainable development paths. However, there are several approaches for understanding IAMs and their role for generating knowledge. In this article three approaches for IAMs are examined: the positivist view on IAMs as instruments for viewing the complex world, the social constructivists understanding of IAMs as an image of narratives of modelers and the discourse theorists view that IAMs can be understood as dispositives which merely create the reality which modelers want to analyse. Depending on the perspective, the role of the researcher, the ability to consult policy and thus the science-policy interface differs fundamentally. Current attempts to integrate modeling techniques for non-positivist perspectives and methods are thus doomed to fail.

Keywords: models, knowledge, reality, dispositives, discourse, image, positivism, social construction, Foucault, power, sociology of knowledge

Autorin

Saskia Ellenbeck
 Universität Potsdam
 Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät
 August-Bebel-Straße 89
 14482 Potsdam
 saskiael@pik-potsdam.de