

# **Theorie, Modell, Formalisierung**

Klaus Manhart

Überarbeitete Fassung aus meiner Dissertation

„KI-Modelle in den Sozialwissenschaften“,  
Oldenbourg-Verlag, München, 1995

[www.klaus-manhart.de](http://www.klaus-manhart.de)  
[mail@klaus-manhart.de](mailto:mail@klaus-manhart.de)

München, September 2007

## 1. Einleitung

Was ist eine Theorie, was ein Modell und wie hängen beide zusammen? Warum strebt man in der Wissenschaft formalisierte Modelle an? Grundlagenfragen dieser Art behandelt dieser Beitrag.

Experten für Fragen nach Aufbau und Struktur wissenschaftlicher Theorien und Modelle sind Wissenschaftstheoretiker oder Wissenschaftsphilosophen.<sup>1</sup> Sofern sich Substanzwissenschaftler überhaupt mit solchen Problemstellungen beschäftigen, lehnen sie sich meist an vorgegebene Konzepte der Wissenschaftsphilosophie an. Wir möchten im folgenden ein solches weitverbreitetes Theorienkonzept in der Rezeption von Sozialwissenschaftlern vorstellen, zunächst aber kurz die allgemeine Rolle der Wissenschaftstheorie anreißen.

Erkenntnis- und Untersuchungsobjekte der Wissenschaftstheorie sind Theorien, mit denen in den einzelnen Wissenschaften gearbeitet wird. Für den Wissenschaftstheoretiker sind Theorien aus den Substanzwissenschaften wie Mathematik, Physik, Psychologie oder Soziologie in gleicher Weise Forschungsobjekte wie für einen Physiker Naturereignisse oder für einen Soziologen soziale Phänomene. Ähnlich wie der Erfahrungswissenschaftler also Theorien verwendet, um eine Menge von Beobachtungen zu beschreiben, vorherzusagen und zu erklären, kann der Wissenschaftstheoretiker Theorien benutzen, um die verschiedenen empirischen Theorien der Einzelwissenschaften in ihrem Aufbau und in ihrer Funktion zu behandeln (Westermann 1987: 4). Die von den Wissenschaftstheoretikern entwickelten „Theorien über Theorien“ werden als *Metatheorien* bezeichnet, und die Wissenschaftstheorie selbst ist eine *Metawissenschaft* zu den Substanzwissenschaften (Stegmüller 1973: 1, Balzer 1982: 1). Der Objektbereich einer wissenschaftstheoretischen Metatheorie umfasst im Prinzip alle bisher aufgestellten empirischen Theorien. Ziel der Wissenschaftstheorie ist es, über diesen Bereich allgemeine - metatheoretische - Aussagen zu machen (Balzer 1982: 2) und damit den Aufbau und die Struktur von Theorien präziser und klarer zu machen.

Das eben genannte Ziel, allgemeine metatheoretische Aussagen über bestehende Theorien zu machen, kann man als deskriptives Vorgehen bezeichnen. Wissenschaftstheorie *deskriptiv* verstanden, *beschreibt* die Struktur und das Begriffsgerüst *faktisch vorliegender Theorien*. Eine dieser Position entgegengesetzte Vorstellung ist, Wissenschaftstheorie *normativ* zu betreiben. Wissenschaftstheorie *normativ* verstanden, versucht *begründbare Normen für korrektes wissenschaftliches Arbeiten* zu erstellen (Stegmüller 1973: 8). Die Geschichte der Wissenschaftstheorie kann durch ein ständiges Pendeln zwischen eher normativ und eher deskriptiv ausgerichteten Positionen gekennzeichnet werden.

So wie es in den Substanzwissenschaften unterschiedliche Theorien zum gleichen Objekt gibt, gibt es in der Wissenschaftsphilosophie auch verschiedene Grundpositionen, die empiristische, rationalistische, realistische oder auch idealistische Züge tragen können. Die

---

<sup>1</sup> Die Ausdrücke „Wissenschaftstheorie“ und „Wissenschaftsphilosophie“ werden in der deutschsprachigen Literatur als Synonyme verwendet.

verschiedenen wissenschaftstheoretischen Ansätze können dabei als unterschiedliche Metatheorien zu gleichen oder ähnlichen Gegenstandsbereichen gekennzeichnet werden (Westermann 1987: 3-4).

Bei Wissenschaftsphilosophen und wissenschaftstheoretisch interessierten Substanzwissenschaftlern hat in den letzten Jahren ein neuer Ansatz Aufmerksamkeit gefunden, der als strukturalistische Theorienkonzeption bezeichnet wird und auf Sneed (1971) zurückgeht. Dieses deskriptiv orientierte Konzept liefert eine neuartige und fruchtbare Explikation des Theorie- und Modellbegriffs, und wir wollen es später als metatheoretischen Rahmen benutzen. Wir behandeln vorläufig aber den Theorie- und Modellbegriff konventionell, wie er in weiten Teilen der Sozialwissenschaften und in der Computersimulationsliteratur verwendet wird. Die Begriffe werden später in Relation zu ihrer strukturalistischen Interpretation gebracht.

## 2. Standardtheorienkonzept

*Empirisch* orientierte Sozialwissenschaftler vertreten im allgemeinen einen Theoriebegriff, der sich an Theorienkonzepte der analytischen Wissenschaftstheorie anlehnt. Für den strikt *empirisch* orientierten Sozialwissenschaftler ist *Beschreibung* und *Erklärung* sozialer Phänomene mit „empirisch gehaltenen Theorien“ das Ziel. Zwischen Theorien aus den Sozial- oder Geisteswissenschaften einerseits und Theorien aus den Naturwissenschaften andererseits besteht dabei *kein grundsätzlicher Unterschied* in Aufbau, Ziel und verwendeter Sprache.<sup>2</sup>

Wenn wir uns der Frage, über welche Metatheorie empirisch orientierte Sozialwissenschaftler verfügen, quasi aus der Vogelperspektive - also metaempirisch - nähern und uns willkürlich einige Lehrbücher und Aufsätze zur Methodologie und Wissenschaftstheorie der empirischen Sozialwissenschaften herausgreifen, finden sich z.B. folgende Interpretationen des Theoriebegriffs:

- Eine Theorie ist eine „Aussagenmenge, die aus einer Reihe von Gesetzen, deskriptiven Aussagen und logischen Ableitungen besteht“ (Giesen/Schmid 1977: 268).
- Eine Theorie ist ein „System von Aussagen, das mehrere Hypothesen oder Gesetze umfasst“ (Schnell/Hill/Esser 1993: 43).

---

<sup>2</sup> Diese Formulierung täuscht darüber hinweg, dass in den Sozialwissenschaften seit Beginn ihres Entstehens kontrovers und heftigst über ihre Grundlagen und Theoriebildung diskutiert wird. Während in der Physik Newtons Gravitationstheorie von faktisch allen Fachwissenschaftlern als Theorie angenommen und innerhalb der Grenzen der klassischen Mechanik anerkannt ist, gibt es in den Sozialwissenschaften weder einen Konsens, was eine Theorie ausmacht, noch gibt es Theorien, die allgemein akzeptiert sind. In ihrer Einleitung zu „Probleme der Modellierung sozialer Prozesse“ beklagen Esser/Troitzsch (1991b) beispielsweise: „In kaum einem anderen Fach gehen die Meinungen darüber, was eigentlich die Eigenschaften einer akzeptablen 'Theorie' seien, so weit auseinander wie in den Sozialwissenschaften. Eine Konvergenz in den Auffassungen (und damit in den Produkten) ist auch in den aktuelleren Entwicklungen nicht festzustellen“ (Esser/Troitzsch 1991b: 13).

- Theorien sind Satzsysteme, „die als Explanans in deduktiv-nomologischen Erklärungen verwendet werden können“ (Schnell 1990: 123).
- Eine Theorie ist eine Menge von Gesetzen, wenn diese durch logische Ableitbarkeitsbeziehungen miteinander verbunden sind (Opp 1976: 78).

Alle Definitionsversuche betonen unterschiedliche Aspekte. In ihrer semantischen Schnittmenge ist ihnen aber gemeinsam, dass Theorien als *Mengen von Aussagen oder Sätzen mit nomologischem* (also *Gesetzes-*) *Charakter* betrachtet werden. Dies ist eine zentrale Feststellung, auf die wir uns im folgenden beziehen werden.

Unter Verweis auf die Tatsache, dass es in der Wissenschaftstheorie bislang weder gelungen ist, den Gesetzesbegriff in befriedigender Weise zu definieren, noch Kriterien für die Gesetzesartigkeit von Aussagen anzugeben, wird in manchen Lehrbüchern ein Gesetzesbegriff informell-pragmatisch eingeführt, wie etwa in Opp (1976: 75):

„Ein Gesetz heißt eine empirische Aussage, die 1. ohne raum-zeitlichen Bezug ist, in der 2. allen Elementen (mindestens) einer unendlichen Menge von Objekten (mindestens) ein Merkmal zugeschrieben wird, die 3. als Wenn-dann oder Je-desto-Aussage formuliert werden kann und die 4. sich empirisch relativ gut bewährt hat.“

Aussagen, die lediglich die Definitionsmerkmale 1 bis 3 erfüllen, nennt Opp *gesetzesartige* Aussagen. Unter der Voraussetzung, dass die 4. Bedingung erfüllt ist, bilden dann die folgenden beiden Sätze bereits eine Theorie im Sinn von Opp (1976: 78):

„Je isolierter Personen sind, desto häufiger brechen sie Normen.“

„Je häufiger Personen Normen brechen, desto eher wählen sie rechts- oder linksextreme Parteien.“

„Hauptaufgabe einer Theorie, ob in der Soziologie oder in den Naturwissenschaften, ist die Erklärung oder die Unterstützung von Erklärungen“ (Cohen 1980: 592). Empirische Sozialwissenschaftler berufen sich dabei meist auf das klassische Subsumtionsmodell der Erklärung (auch: covering law, deduktiv-nomologisches (D-N) oder Hempel-Oppenheim (H-O) Schema). Im D-N-Modell werden empirische Phänomene erklärt unter Rückgriff auf Gesetze; es hat im einfachsten Fall die folgende Form:

*Explanans*                      F(a)

Für alle x: wenn F(x) dann G(x)

---

*Explanandum*                G(a)

In diesem Schema soll „F(a)“ bzw. „G(a)“ den Sachverhalt ausdrücken, dass irgendein Objekt a die Eigenschaft F bzw. G hat. „G(a)“ ist der zu erklärende Sachverhalt (das *Explanandum*), „F(a)“ die singuläre Randbedingung und „für alle x: wenn F(x) dann G(x)“ ein einfaches Gesetz. Randbedingung und Gesetz werden zusammen als *Explanans* bezeichnet. Im deduktiv-nomologischen Erklärungsmodell wird ein Ereignis erklärt, indem es aus dem *Explanans* logisch deduziert wird (vgl. z.B. Giesen/Schmid 1977: 54ff.). G(a) wird also dadurch erklärt, dass Randbedingungen und Gesetzmäßigkeiten gesucht werden, die es erlauben, G(a) logisch abzuleiten. Sind umgekehrt Randbedingungen und Gesetze bekannt, kann G(a) prognostiziert werden. Im H-O-Schema sind Erklärung und Prognose strukturell gleichartig.

Sowohl die Problematik sozialwissenschaftlicher Gesetze als auch die des H-O-Schemas insbesondere im Zusammenhang mit statistischen Gesetzen (induktiv-statistische Erklärung) und sog. unvollständigen Erklärungen werden in den Lehrbüchern ausführlich diskutiert (vgl. Giesen/Schmid 1977, Opp 1976, Prim/Tilmann 1989). Auf diese Probleme kann hier nicht eingegangen werden.

Die eben angerissenen Deutungen von „Theorie“, „Gesetz“ und „Erklärung“ entspringen weitgehend dem Einfluss der analytischen Wissenschaftstheorie.<sup>3</sup> Die Auffassung, nach der Theorien bestimmte Systeme oder Klassen von (gesetzesartigen) Sätzen sind, wird in der neueren Wissenschaftsphilosophie als *Aussagenkonzept* oder - wegen ihres starken und zeitlich andauernden Einflusses - auch als *Standardtheorienkonzept* bezeichnet. Dieses Konzept geht auf den Logischen Empirismus des Wiener Kreises um Rudolf Carnap zurück.

Der Logische Empirismus betonte die Einheit der Wissenschaft und verfolgte das Ziel, die Struktur oder den inneren Aufbau von wissenschaftlichen Theorien mit den Mitteln der modernen Logik zu analysieren. Vereinfacht gesagt, sieht der Logische Empirismus Theorien als eine Menge von Aussagen, die induktiv aus Daten und grundlegenden Fakten gewonnen wird. Das reduktionistisch-empiristische Programm von Carnap und seinen Schülern bestand zunächst darin, alles Wissen auf Sinneserfahrungen zu gründen. Alle nichtlogischen Begriffe sollten entweder durch Definitionen oder durch sog. Reduktionssätze auf Grundbegriffe mit unmittelbarem empirischem Gehalt zurückgeführt werden. Diese ursprüngliche Absicht erwies sich aus verschiedenen Gründen als undurchführbar: Neben den empirischen Begriffen mussten deshalb *theoretische Begriffe* zugelassen werden, die nicht vollständig empirisch gedeutet werden konnten. Die Folge war die sog. *Zweistufenkonzeption der Wissenschaftssprache*: die erste Teilsprache bildete die zur Beschreibung der Erfahrungsbasis vollständig interpretierte Beobachtungssprache  $L_O$ , die zweite Teilsprache stellte die theoretische Sprache  $L_T$  dar, deren Grundbegriffe ungedeutete theoretische Terme bilden. Theoretische Begriffe erhielten eine empirische Deutung allenfalls über Korrespondenz- oder Zuordnungsregeln, welche die Verbindung zwischen beiden Teilsprachen herstellen, so dass eine Theorie nur partiell interpretiert war

---

<sup>3</sup> Für die entsprechende wissenschaftstheoretische Literatur genügt ein Verweis auf das umfangreiche Werk von Stegmüller.

(Stegmüller 1973: 69; Götschl 1980: 639; Carnap 1986, Teil V; eine Zusammenfassung des empiristischen Programms von Carnap findet sich in Stegmüller 1978).

Die Methoden- und Grundlagenlehrbücher der empirischen Sozialforscher berufen sich aber weniger auf den Logischen Empirismus als auf die Methodologie des Kritischen Rationalismus von Popper (1982; für die sozialwissenschaftliche Übernahme vgl. z.B. Schnell/Hill/Esser 1993 oder Prim/Tilmann 1989). Die Ursachen für die breite Rezeption des Kritischen Rationalismus liegen wohl darin, dass die Popper-Schule erstens relativ detailliert ein normatives Regelsystem für die Generierung von Theorien ausgearbeitet hat, dass sich zweitens Popper - im Gegensatz zu Carnap - mit sozialwissenschaftlichen Problemstellungen zumindest ansatzweise beschäftigte<sup>4</sup> und dass drittens die Popper-Schule weitaus weniger Wert legte auf Präzisierung und Formalisierung als Carnap. Nach Popper werden Theorien nicht induktiv aus Daten gewonnen; vielmehr sind Theorien - unabhängig von ihrer nicht begründbaren Entdeckung - als Vermutungen oder Hypothesen zu betrachten, die sich grundsätzlich empirisch bewähren müssen. Theorien bewähren sich dabei in dem Maß, in dem sie Falsifikationsversuchen standhalten. In der Interpretation der Popper-Schule können Theorien niemals als wahr oder wahrscheinlich begründet werden, aber die Bevorzugung gewisser Theorien kann im Lichte ihrer Bewährung gerechtfertigt werden. Der Fortschritt der Wissenschaften besteht darin, Theorien mit möglichst großer Allgemeinheit aufzustellen, und diese ständigen Falsifikationsversuchen auszusetzen, um mit den bewährten Theorien die Welt immer besser beschreiben und erklären zu können (Popper 1982).

Der Kritische Rationalismus unterscheidet sich von den Auffassungen des Logischen Empirismus im wesentlichen in der Ablehnung jeder Induktionslogik und dem Wert von Formalisierungen. *Beide* Schulen betonen aber die Suche nach einem Kriterium für „Wissenschaftlichkeit“ und verstehen Wissenschaftstheorie *normativ*. Insbesondere interpretiert die Popper- ebenso wie die Carnap-Schule *Theorien als Aussagenmengen*: „Die Tätigkeit des wissenschaftlichen Forschers besteht darin, Sätze oder Systeme von Sätzen aufzustellen und systematisch zu überprüfen ...“ (Popper 1982: 1). „Wissenschaftliche Theorien sind allgemeine Sätze. Sie sind, wie jede Darstellung, Symbole, Zeichensysteme“ (Popper 1982: 31).

Das Standardtheorienkonzept hatte mit Beginn der sechziger Jahre zunehmend mit Schwierigkeiten und Problemen zu kämpfen und wurde immer mehr kritisiert und in Frage gestellt. In den empirischen Wissenschaften ist dieses Konzept aber immer noch dominierend; es wird von den meisten Wissenschaftlern, die der analytischen Wissenschaftsphilosophie nahestehen, weiter vertreten. Wir behalten deshalb zunächst das Aussagenkonzept als metatheoretischen Rahmen bei.

---

<sup>4</sup> Vgl. z.B. Popper (1987) oder Popper (1972).

### 3. Modellkonzeptionen

Während der Theoriebegriff - zumindest in der Tradition der empirisch orientierten Sozialwissenschaften - weitgehend mit dem Aussagenkonzept identisch ist, ist der Begriff des Modells „mehrdeutig“ (Giesen/Schmid 1977: 82) und wird „ebenso häufig wie vieldeutig verwendet“ (Harbordt 1974: 50). Beispielsweise rekonstruiert Mayntz (1967) vier verschiedene Bedeutungen und Verwendungsweisen des Modellbegriffs in der sozialwissenschaftlichen Fachliteratur.

In der Literatur wird der Modellbegriff vielfach aus dem Alltagssprachlichen Gebrauch entwickelt. Dörner (1984: 337) knüpft an diesen Modellbegriff an, wonach ein Modell „die Replikation eines Realitätsausschnitts, sein Abbild“ ist. Ein Modellflugzeug ist ein *Abbild* eines realen Flugzeugs, eine Modelleisenbahn ein *Abbild* eines anderen Realitätsausschnitts. Beim Erstellen von Modellen - der *Modellbildung* - sind also zunächst zwei Objekte beteiligt: das Modell und ein Realitätsausschnitt (auch: „empirisches System“). Abgebildet werden in ein Modell nicht nur *Elemente* des Realitätsausschnitts, sondern auch *Relationen* zwischen den Elementen. Beispielsweise werden in die Modelleisenbahn die Elemente „Lokomotive“ und „Schiene“ abgebildet und die Relation, dass „Lokomotiven auf Schienen fahren“.

Troitzsch (1990: 10) definiert die Beziehung zwischen Wirklichkeitsausschnitt S und Modell M als zweistellige Relation „M ist ein Modell von S“. Auch Troitzsch sieht diese *Modellrelation* als *Abbildung* von einem *Urbildbereich* (Realität) in einen *Bildbereich* (Modell) an (Abb. 1.1). Troitzsch weist aber darauf hin, dass die Modellrelation keine Abbildung im streng mathematischen Sinn ist, da sie linkstotal und rechtstotal, aber weder links- noch rechtseindeutig ist. Wir verwenden den Abbildungsbegriff im folgenden deshalb im intuitiven Sinn.

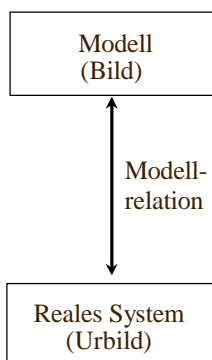


Abb. 1: Grundlegendes Modellschema: Reales System, Modell und Modellrelation

Harbordt (1974: 51) beschreibt die vier wesentlichen Merkmale von Modellen wie folgt:

- Die grundlegende Funktion eines Modells ist die *Abbildung* eines Objekts.
- Ein Modell kann als *System* betrachtet werden.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> In der Literatur folgen auf diesen Hinweis meist ausführliche Betrachtungen zur Systemtheorie (z.B. Harbordt 1974, Dörner 1984), auf die wir in diesem Rahmen aber nicht eingehen können.

- Das Objekt wird *vereinfacht* abgebildet, indem von seinen „unwichtigen“ Merkmalen abstrahiert wird, wobei Wichtigkeit/Unwichtigkeit vom Erkenntnisinteresse abhängt.
- Modellbildung bedeutet immer „*Reduktion von Komplexität*“.

Die letzten beiden von Harbordt genannten Modellcharakteristika betonen den neuen Aspekt, nach dem Modellierung ein Abstraktionsprozess ist, bei dem wichtige Merkmale oder Eigenschaften des modellierten Phänomens identifiziert werden. Mit Hilfe des abstrakten Modells ist es machbar, dass man sich ausschließlich auf die *relevanten Qualitäten* oder Eigenschaften des Phänomens konzentrieren und die irrelevanten außer acht lassen kann. Was relevant und irrelevant ist, hängt vom Abstraktionszweck und damit vom Erkenntnisinteresse des Modellbauers ab: „Developing a model involves abstracting from reality those components and relationships which are hypothesized as crucial to what is being modeled“ (Brody, nach Dawson 1962: 3).

Da bei der Modellierung ein Urbild in ein Bild und damit in *irgendein Medium* abgebildet werden muss, kann man den Bildbereich näher charakterisieren. Nach dem im Modell zur Abbildung verwendeten Bildbereich unterscheidet Troitzsch (1990) vier grundlegende Modelltypen.

Tab. 1: Modelltypen und Bildbereiche (nach Troitzsch 1990: 12-13)

<b>Modelltyp</b>	<b>Bildbereich</b>
<i>Realmodell</i>	Existenz des Bildbereichs in der Wirklichkeit (z.B. das „Tiermodell“ in der Medizin)
<i>Ikonisches Modell</i>	Konstruktion des Bildbereichs aus der Wirklichkeit (z.B. die Modelleisenbahn)
<i>Verbalmodell</i>	Natürliche Sprache als Bildbereich
<i>Formalmodell</i>	Formale Sprache als Bildbereich (z.B. Differentialgleichungen)

In der Wissenschaft ist mit Modellierung in der Regel die Konstruktion von *formalen Modellen* gemeint. In formalisierten Modellen ist der Bildbereich eine formale Sprache, in der die Repräsentation des abzubildenden Realitätsausschnittes vorgenommen wird. Formale Sprachen sind Kunstsprachen, die gewöhnlich der Mathematik zugerechnet werden, wie z.B. Differentialgleichungen, Graphentheorie, Prädikatenlogik oder Automatentheorie. Formale Sprachen können als *Kalküle* aufgefasst werden, wenn deren Grundelemente als „bedeutungslose“ Zeichen verstanden werden, die mit einer endlichen Menge von Regeln kombiniert und umgeformt werden können. Wenn wir im folgenden von Modellen sprechen, sind immer formale Modelle gemeint.<sup>6</sup> Ziel der formalen wissenschaftlichen Modellierung ist vor allem, mit Modellen Erkenntnisse über die Welt zu bekommen und Untersuchungsergebnisse am Modell auf das reale System zu

<sup>6</sup> Ein frühes Beispiel für formale Modellierung in den Sozialwissenschaften ist Herbert Simons (1957) Aufsatzsammlung „Models of Man“. Einen moderneren Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten formaler Modelle gibt Rapoport (1980).



übertragen: von bestimmten Modelleigenschaften soll auf Eigenschaften des Urbilds zurückgeschlossen werden.

Was bei den eben vorgestellten Modellkonzepten unklar bleibt, ist die Beziehung zwischen Theorie *und* Modell. Für Mayntz (1967) ist der gängigste und zweckmäßigste Modellbegriff der, nach der ein Modell eine *formalisierte* Theorie ist. Im gleichen Aufsatz wird allerdings festgestellt, dass nicht alle Modelle theoretischen Gehalt haben. Mayntz (1967) unterscheidet vielmehr *erklärende* von *deskriptiven* (darstellenden, empirischen) Modellen und ordnet Modelle auf einem Kontinuum an, je nachdem, wieweit in ihnen der Ordnungszweck oder der Erklärungszweck überwiegt. „Je stärker das Modell zu dem deskriptiven oder Ordnungspol tendiert, um so mehr empirische Erfahrung wird unmittelbar darin enthalten sein. Je mehr es dagegen einem erklärenden Zweck dienen soll, um so mehr theoretische Postulate wird es explizit enthalten. Zwischen den beiden Polen gibt es jedoch graduelle Übergänge“ (Mayntz 1967: 15). Ein deskriptives und nicht erklärendes Modell wäre z.B. eine mathematische Funktion, die auf ein bestimmtes Versuchsergebnis passt und so die Daten lediglich *beschreibt*. Im normalen Gebrauch wird der Modellbegriff aber im Sinn eines erklärenden Modells verwendet, welches gesetzmäßige Beziehungen zwischen den Modellelementen enthält.

Dörner (1984: 343) verwendet implizit ebenfalls „Modell“ im Sinn einer *formalisierten* Theorie und stellt die Beziehung zwischen Theorie und Modell als Spiralprozess dar, bei dem immer neue, an die Realität besser angepasste (erklärende) Modelle konstruiert werden. Auf diese Weise wird die Theorie immer „vollständiger, differenzierter und zutreffender“. Troitzsch (1990) bezweifelt, „ob *die* Theorie bei Dörner in ihrer Entwicklung immer dieselbe bleibt oder ob nicht stattdessen von einer *Folge* immer weniger vager, immer präziserer Theorien die Rede sein sollte“ (Troitzsch 1990: 7-8, Hervorhebung Troitzsch).

Die Beziehung zwischen Theorie und Modell bleibt also in der Literatur etwas unklar. Eine eindeutige und präzise Definition von Theorie, Modell und ihrer Relation liefert das unten behandelte strukturalistische Theorienkonzept. In der substanzwissenschaftlichen Literatur wird der Modellbegriff manchmal in einer Bedeutung verwendet, die dem strukturalistischen Modellbegriff entspricht (z.B. Sylvan/Glassner 1985). Danach ist ein Modell für eine Menge von Sätzen eine *mengentheoretische Struktur*, die diese Sätze erfüllt. Diese Modelldefinition geht auf den Logiker Tarski zurück und ist die gängige Modellauffassung in den Formalwissenschaften. Die Relation zwischen Theorie und Modell liegt nun darin, dass alle (empirischen) Strukturen, welche die Sätze einer Theorie erfüllen, Modelle dieser Theorie sind (Sylvan/Glassner 1985: 99-100). Beispielsweise ist das Sonnensystem ein Modell der Newtonschen Gravitationstheorie, da es eine mengentheoretische Struktur aus Elementen (Himmelskörpern) und Relationen darstellt, welche den Gesetzen der Theorie genügt. Hingegen ist ein Vogelschwarm kein Modell der Theorie Newtons, da in dieser Struktur die Gesetzmäßigkeiten nicht erfüllt sind.

Während bei dem Modellkonzept von Dörner und Troitzsch das Urbild ein Realitätsausschnitt ist, ist bei diesem Modellkonzept das *Urbild eine Theorie*, von der viele

Modelle existieren. In der Modellrelation „x ist Modell von y“ müssen somit bei der Änderung des Modellbegriffs die Argumente vertauscht werden. Im Modellbegriff von Dörner/Troitzsch sind für x Namen von (theoretischen) Modellen einzusetzen und für y Namen von Realitätsausschnitten. Im zweiten Modellbegriff sind hingegen für y Namen von Theorien zu verwenden und für x Namen von empirischen Systemen (oder allgemeiner: mengentheoretischen Strukturen). Um den letzten Modellbegriff verwenden zu können, muss damit eine existierende Theorie vorausgesetzt werden.

Wir haben also zusammenfassend im wesentlichen drei Bedeutungsweisen des Modellbegriffs in der Wissenschaft herausgearbeitet:

1. Hier nicht interessierende deskriptive Modelle ohne erklärenden Gehalt;
2. (Erklärende) Modelle im Sinn einer Abbildung eines Realitätsausschnitts;
3. Modell im Sinn einer (empirischen) Struktur, welche die Sätze einer Theorie erfüllt.

Wir verwenden in diesem Buch die letzten beiden Modellkonzepte und bis zur Einführung der strukturalistischen Modellauffassung den zweiten Begriff.

#### **4. Zum Nutzen formaler Modelle**

Sowohl in der Wissenschaftstheorie als auch in den Substanzwissenschaften wird immer wieder auf die Vorzüge der Formalisierung und der Verwendung von formalisierten Modellen hingewiesen. In seinen grundlegenden Betrachtungen über die „Ziele und Aufgaben der Wissenschaftstheorie“ gibt Stegmüller (1973) seiner Überzeugung Ausdruck, „dass am Ende jede Begriffsexplikation in eine mehr oder weniger starke Formalisierung einmünden wird“ und „dass erst die formalen Kunstsprachen uns die Mittel dafür bereitstellen, genau zu sagen, was wir eigentlich meinen...Die Apparatur formaler Kunstsprachen gibt uns erst die Mittel in die Hand, die Probleme klar zu formulieren und dadurch überhaupt erst klar zu sehen und sie Lösungen zuzuführen, mit denen ein für den Menschen erreichbares Optimum an Genauigkeit verbunden ist“ (Stegmüller 1973: 14, Hervorhebungen Stegmüller).

In den Sozialwissenschaften wird die zu Stegmüller analoge Position beispielsweise von Ziegler vertreten: „Wenn man ernsthaft an der Konstruktion empirisch gehaltvoller soziologischer Theorien interessiert ist, wird man ... das Mittel der Formalisierung einsetzen müssen, und zwar allein schon deshalb, weil andere Vorgehensweisen wenig Erfolg versprechen“ (Ziegler 1972: 291). Für eine Formalisierung soziologischer Theorien tritt ebenfalls Hummell ein: „in vielen Fällen besteht in der Konstruktion formalisierter Aussagensysteme die einzige Chance, theoretische Erörterungen überhaupt durchführen zu können“ (Hummell 1972b: 136).

In seinem Aufsatz „Warum Formalisierung in der Wissenschaft erwünscht ist“ plädiert der Wissenschaftsphilosoph Patrick Suppes (1983: 27ff.) mit folgenden Argumenten für eine (mengentheoretische) Formalisierung und Axiomatisierung<sup>7</sup> von Begriffen und Theorien:

1. *Expliztheit*: Mit der Formalisierung werden die verwendeten Begriffe in *expliziter* Weise herausgearbeitet. Vor der expliziten Analyse des Wahrscheinlichkeitsbegriffs gab es beispielsweise über die elementarsten Eigenschaften der Wahrscheinlichkeit Verwirrung, die erst mit der Kolmogoroffschen Formalisierung beseitigt wurden.
2. *Standardisierung*: Die explizite Formalisierung einer Theorie bedingt die „Standardisierung der Terminologie und der Methoden der begrifflichen Analyse, die dadurch in verschiedenen Zweigen der Wissenschaft erreicht wird“. Dadurch wird die Kommunikation zwischen wissenschaftlichen Disziplinen erleichtert und die Einheit der Wissenschaften gefördert.
3. *Allgemeinheit*: Formalisierung eliminiert unwesentliche Züge in einer Theorie und erlaubt es, „den Wald trotz lauter Bäumen zu sehen“.
4. *Objektivität*: Formalisierte Theorien liefern einen weitaus höheren Grad an Objektivität als nicht-formalisierte Theorien. Der Wert solcher Formalisierung kann wesentlich sein in Wissensgebieten, wo schon über die elementarsten Begriffe große Kontroversen bestehen.
5. *Abgeschlossenheit der Annahmen*: „Formalisierung stellt einen Weg dar, im Wald der impliziten Annahmen und dem umgebenden Dickicht der Verwirrung den festen Grund auszumachen, der für die betrachtete Theorie benötigt wird“.
6. *Minimale Annahmen*: Formalisierung ermöglicht eine objektive Analyse der minimalen Annahmen, welche zur Formulierung der Theorie nötig sind. „Ich glaube, dass man aus einem direkten ästhetischen Bedürfnis heraus eine Menge wechselseitig unabhängiger Annahmen, die abgeschlossen sind, für die Formulierung einer Theorie finden möchte“.

Substanzwissenschaftler argumentieren ähnlich, betonen aber eher den allgemeinen Präzisierungseffekt und die Möglichkeit, intuitive und schwer überschaubare Schlussfolgerungen durch präzise Deduktionen zu ersetzen. Je nach Autor werden bestimmte Aspekte hervorgehoben; wir fassen die wichtigsten knapp zusammen:

1. Formalisierung erlaubt es, *Ableitungen vorzunehmen*, vor denen die Mittel der natürlichen Sprache versagen, insbesondere bei komplexen Aussagesystemen (Troitzsch 1990: 32). Ziegler (1972: 14-15) sieht das zentrale Argument für eine Formalisierung darin, „dass die in unserer wissenschaftlichen Alltagssprache vorhandenen 'Ableitungsregeln' bei vielen, vermutlich sogar den meisten Aussagen, die in den Sozialwissenschaften verwendet werden, nicht ausreichen, um überhaupt präzise

---

<sup>7</sup> Die mengentheoretische Axiomatisierung von Theorien ist genau genommen *ein ganz bestimmter* Formalisierungsansatz, der dem späteren strukturalistischen Vorgehen entspricht. Die Argumente von Suppes sind aber relativ allgemein gehalten, so dass sie weitgehend für jede Art der Formalisierung zutreffen.

deduzieren zu können“. Die Ableitungen werden erleichtert und besser kontrollierbar, da man ohne inhaltliche Überlegungen rein mechanisch nach den Regeln der verwendeten formalen Sprache (des Kalküls) neue Sätze herleiten kann (Opp 1976: 320-321). Bunge (1983: 64) spricht von der „deduktiven Kraft, die einer verbalen Doktrin fremd ist“.

2. Formalisierung führt zu einer *Präzisierung* der verwendeten Theorie in dem Sinn, dass zum einen begriffliche Vagheiten und Mehrdeutigkeiten leichter entdeckt werden und zum anderen begriffliche Zusammenhänge eindeutig spezifiziert werden müssen (Opp 1976: 322, Harbordt 1974: 243). Durch die Übersetzung in eine formale Sprache werden die ursprünglich vagen Aussagen und Zusammenhänge einer verbalen Theorie modifiziert und präzisiert.

3. Formalisierung trägt zur *Systematisierung* und *Klärung der logischen Struktur* einer Theorie bei. Es lassen sich klare Beziehungen der logischen Folgerung oder Implikation zwischen Aussagen herstellen (Hummell 1972a: 32). Insbesondere bei axiomatischen Darstellungen kann streng zwischen Axiomen und Theoremen unterschieden werden (Opp 1976: 323). „Die Axiomenmenge ist dabei so beschaffen, dass sämtliche Theoreme logische Konsequenzen der Axiome sind. Für axiomatisch-deduktive Systeme wird die Relevanz der logischen Beziehung der Ableitbarkeit in besonders eindrücklicher Weise deutlich“ (Hummell 1972a: 32).

In der sozialwissenschaftlichen Literatur finden sich oft Argumente, die *gegen* eine Formalisierung sprechen, wie z.B. die folgende Bemerkung: „Was bei der Formalisierung notwendig verloren geht, ist die Aura des assoziativ Mitgedachten, die verbale Aussagen stets umgibt, über ihren ausdrücklichen Gehalt hinaus mit Wirklichkeit sättigt und auch in Grenzfällen noch zutreffend erscheinen lässt“ (Mayntz 1967: 28, vgl. auch Harbordt 1974: 271). Solche Kritikpunkte können wir nicht nachvollziehen. Da eine unerlässliche Voraussetzung wissenschaftlichen Arbeitens das „Bemühen um sprachliche Klarheit“ ist, schließen sich Vertreter solcher Positionen aus dem Bereich wissenschaftlicher Tätigkeit aus (vgl. Stegmüller 1973: 5). Wenn man daran interessiert ist, „die Aura des assoziativ Mitgedachten“ zu erhalten, ist schöngeistige Literatur ein geeigneteres Betätigungsfeld als Wissenschaft.

## LITERATUR

- Balzer, W. (1982). *Empirische Theorien: Modelle - Strukturen - Beispiele. Die Grundzüge der modernen Wissenschaftstheorie*. Braunschweig: Vieweg.
- Bunge, M. (1983). *Epistemologie. Aktuelle Fragen der Wissenschaftstheorie*. Mannheim: Bibliographisches Institut.
- Carnap, R. (1986). *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften*. Frankfurt a.M.: Ullstein (zuerst 1966: *Philosophical Foundations of Physics*. New York: Basic Books).
- Cohen, P.S. (1980). Soziologische Theorie. In J.Speck (ed.), *Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe* Band 3. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, S.592-597.
- Dawson, R.E. (1962). Simulation in the Social Sciences. In H.Guetzkow (ed.), *Simulation in Social Science*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, S.1-15.
- Dörner, D. (1984). Modellbildung und Simulation. In E.Roth (ed.), *Sozialwissenschaftliche Methoden*. München: Oldenbourg, S. 337-350.
- Esser, H./Troitzsch, K.G. (1991b). Einleitung: Probleme der Modellierung sozialer Prozesse. In H.Esser/K.G.Troitzsch (eds.) (1991a), S.13-25.
- Giesen, B./Schmid, M. (1977). *Basale Soziologie: Wissenschaftstheorie*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Götschl, J. (1980). Theorie. In J.Speck (ed.), *Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe* Band 3. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S.636-646.
- Harbordt, S. (1974). *Computersimulation in den Sozialwissenschaften* 2 Bände, Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Hummell, H.J. (1972a). Zur Problematik der Ableitung in sozialwissenschaftlichen Aussagensystemen. Ein Plädoyer für Formalisierung (Teil 1). *Zeitschrift für Soziologie*, 1, S.31-46.
- Hummell, H.J. (1972b). Zur Problematik der Ableitung in sozialwissenschaftlichen Aussagensystemen. Ein Plädoyer für Formalisierung (Teil 2). *Zeitschrift für Soziologie*, 2, S.118-138.
- Mayntz, R. (1967). Modellkonstruktion: Ansatz, Typen und Zweck. In R.Mayntz (ed.), *Formalisierte Modelle in der Soziologie*. Neuwied/Berlin: Luchterhand.
- Opp, K.D. (1976). *Methodologie der Sozialwissenschaften. Einführung in Probleme ihrer Theoriebildung*. Hamburg: Rowohlt.
- Popper, K.R. (1987). *Das Elend des Historizismus* (6.Aufl.). Tübingen: Mohr (zuerst 1960: *The Poverty of Historicism*. London: Routledge & Kegan).
- Popper, K.R. (1982). *Logik der Forschung* (7.Aufl.). Tübingen: Mohr (zuerst 1934: *Logik der Forschung*. Wien: Springer).

- Popper, K.R. (1972). Zur Logik der Sozialwissenschaften. In T.W.Adorno et al (eds.), *Der Positivismusstreit in der deutschen Soziologie*. Neuwied/Berlin: Luchterhand. S.103-123.
- Prim, R./Tilman, H. (1989). *Grundlagen einer kritisch-rationalen Sozialwissenschaft. Studienbuch zur Wissenschaftstheorie* (6.Aufl.). Heidelberg: Quelle und Meier.
- Rapoport, A. (1980). *Mathematische Methoden in den Sozialwissenschaften*. Heidelberg: Physica.
- Schnell, R. (1990). Computersimulation und Theoriebildung in den Sozialwissenschaften. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 42, 1, S.109-128.
- Schnell, R./Hill, P.B./Esser, E. (1993). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (4.Aufl.). München: Oldenbourg.
- Simon, H.A. (1957). *Models of Man, Social and Rational. Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*. New York: Wiley.
- Sneed, J.D. (1971). *The Logical Structure of Mathematical Physics*. Dordrecht: Reidel (2. Auflage 1979).
- Stegmüller, W. (1973). *Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit* (Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie. Band IV, Studienausgabe). Berlin: Springer.
- Stegmüller, W. (1978). *Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie. Eine kritische Einführung* Band I (6. Aufl.). Stuttgart: Kröner.
- Suppes, P. (1983). Warum Formalisierung in der Wissenschaft erwünscht ist. In W.Balzer/M.Heidelberger, S.24-39 (zuerst 1968: The Desirability of Formalization in Science. *Journal of Philosophy*, 65, S.651-664).
- Sylvan, D./Glassner, B. (1985). *A Rationalist Methodology for the Social Sciences*. New York: Blackwell.
- Troitzsch, K. (1990). *Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Westermann, R. (1987). *Strukturalistische Theorienkonzeption und empirische Forschung in der Psychologie. Eine Fallstudie*. Berlin: Springer.
- Ziegler, R. (1972). *Theorie und Modell. Der Beitrag der Formalisierung zur soziologischen Theoriebildung*. München: Oldenbourg.