

KAUSALITÄT SIND SYSTEME MIT KAUSALBEGRIFFEN BESCHREIBBAR?

Wilhelm T. Wolze*

ZUSAMMENFASSUNG

Kausaldenken ist in allen Praxisbereichen verbreitet. Dies vermittelt einerseits den Eindruck, dass es sich bei dem Kausalprinzip um ein grundsätzliches und unverzichtbares Prinzip handelt. Andererseits sind die Probleme, die mit dem Kausaldenken verbunden sind, nicht zu übersehen.

Der Artikel geht der Frage nach, ob sich eine Kausalbegrifflichkeit für eine qualitative Systembeschreibung eignet.

Zunächst wird zwischen der Kausalität im Erklärungs- und im Beschreibungskontext unterschieden. Während Kausalerklärungen unproblematisch sind, sie schließen eine Wissenslücke, zeigt sich die Kausalität im Beschreibungskontext als unexplizierbar.

Die Analyse einiger Kausalkonzepte führt zu dem Resultat, dass die mit dem Kausalgesetz verbundenen Bedingungs- und Produktionsbeziehungen reduziert werden. Reduktionsformen sind:

- (1) Reine Bedingungsbeziehungen,
- (2) Determinismusbeziehungen,
- (3) nichtgesetzesartige Produktionsbeziehungen mit Blackboxcharakter.

Für die Formulierung von Systemgesetzen eignen sich diese Reduktionskonzepte nicht. Auch das Determinismuskonzept ist nicht hinreichend expliziert bzw. ohne den Wechselwirkungsbegriff explizierbar. Als Resultat ergibt sich:

Die mit der Kausalität verbundenen Bedingungsverhältnisse lassen sich mit dem Komplementaritätsprinzip erfassen und das Produktionscharakteristikum der Kausalbeziehung mit dem Wechselwirkungsprinzip.¹ Beide Prinzipien sind nicht auf die Naturwissenschaft beschränkt, sie besitzen interdisziplinären Charakter und eignen sich insbesondere für die Formulierung qualitativer systemtheoretischer Gesetze.

PROBLEMSTELLUNG

Systemtheorien sind nicht ohne Gesetze formulierbar. Theorien bestehen aus Gesetzen und Gesetze sind Begriffsverknüpfungen. Die Begriffe einer Theorie sind somit einerseits durch die Theorie bestimmt, andererseits bestimmen die Begriffe die Theorie. Begriffe und Theorie stehen in einer spezifischen Teil-Ganzes-Beziehung zueinander. Man spricht dementsprechend auch von Begriffssystemen.² Es kann daher nicht verwundern, dass diejenigen ‚Systemtheorien‘, in denen keine Gesetze vorkommen, trotz aller scharfsinnigen Spitzfindigkeit mit einem schwammigen Begriffschao operieren. Der Rückgriff auf elementare Operationen, wie der Unterschei-

* Erweiterte Überarbeitung des Abschnittes „C 1 Zur Explikation allgemeiner Prinzipien“ aus: (WOLZE 1989)

¹ Vgl. (Wolze 1989 und 2008)

² Inwieweit dieser Terminus hier als adäquat angesehen werden kann, hängt vom Systembegriff ab. Im Kontext der Tätigkeit sind Theorien als Strukturen von Tätigkeitssystemen anzusehen.

dung und der Indikation, ändern hieran nichts, auch dann nicht, wenn sie in den Rang fundamentaler Erkenntnisoperationen erhoben werden. Vielmehr verdunkeln sie noch zusätzlich den Erkenntnisprozess.³ Die formale Darstellung von (System-) Theorien mit Hilfe solcher reduktionistischer Mittel, die im adäquaten Kontext durchaus wesentlich sind bzw. sein können, hat keine sinnvolle Funktion. Sie ist weder als Theorieentwicklung oder deren rationale Re-Konstruktion zu akzeptieren, noch als eine Theorien-Begründung oder didaktische Darstellung zum Zwecke der Aneignung.

Im Rahmen mathematisierter Wissenschaften werden Systeme mit quantitativ formulierten Gesetzen beschrieben, so z. B. die dissipativen Strukturen der Naturwissenschaft. Ein grundsätzliches Problem tritt bei qualitativen Systemtheorien auf, wie etwa den soziologischen Systemtheorien. Ein bemerkenswertes Charakteristikum dieser ‚Theorien‘ besteht darin, dass sie keine Gesetze enthalten. Ein fundamentales Defizit, das noch durch die Ignoranz der Ergebnisse naturwissenschaftlicher Resultate auf die Spitze getrieben wird.

Im Folgenden soll der Begriff der Kausalität kritisch erörtert und speziell seine Eignung zur Beschreibung von Systemen untersucht werden. Übergeordnetes Ziel ist aber die Entwicklung einer allgemeinen qualitativen Begrifflichkeit zur Beschreibung von Systemen, für die mit dieser Analyse jenseits der Kausalbegrifflichkeit Ansätze ermittelt werden.

DIFFERENZIERUNG DER KAUSALITÄT IM ERKLÄRUNGS- UND BESCHREIBUNGSKONTEXTES⁴

Zur Analyse des Kausal Denkens sind zwei Bereiche voneinander zu unterscheiden, der Kontext der Erklärung und der Kontext der Beschreibung. *Erklärung* und *Beschreibung* werden dabei als komplementäre Begriffe aufgefasst (vgl. FN3). Relativ zu diesen Bereichen sind auch die Kausalbegriffe differenziert zu präzisieren. Wir werden uns in diesem Abschnitt im Wesentlichen auf den Beschreibungskontext beschränken und hier nur eingangs zur Abgrenzung den Erklärungskontext aufgreifen:

Erklärungskontexten liegen Anomalien (Zusammenbrüche, Instabilitäten) zugrunde, d. h. Sachverhalte oder Ereignisse die nicht der Erwartung entsprechen und sich als Wirkungen interpretieren lassen. Es sind gerade diese ‚anormalen‘ Wirkungen, die zu den Warum-Fragen Anlass geben. Die Beantwortung dieser Fragen geschieht durch Beschreibungen, die einmal die Anomalien aufheben und zum anderen die Gründe, d. h. die Ursachen der Anomalien explizit machen. Ursachen von Anomalien lassen sich als Regelmäßigkeiten bzw. Beschreibungen von Regelmäßigkeiten interpretieren, die es in den Analyse-Synthese-Prozessen der Erklärungen zu entwickeln gilt. In den beschriebenen Regelmäßigkeiten der Beschreibungskontexte, mit denen die Erklärungen abgeschlossen werden, lassen sich demgegenüber aber keine Kausalbeziehungen ohne Ad-hoc-Charakter ausmachen. Kausalbegriffe in diesem Sinne bilden außerdem kein effektives Mittel der Systembeschreibung oder der Systemanalyse. Unter Rückgriff auf die weiter unten erwähnten Ursachenbegriffe ARISTOTELES‘ ist die Ursache eines Beschreibungskontextes die Wirkursache (*causa efficiens*) und die Ursache des Erklärungskontextes die formale Ursache (*causa formalis*)⁵.

Zur Verdeutlichung möge folgendes Beispiel dienen:

³ Zur Kritik der Funktion der Elementaroperationen Unterscheidung und Hervorhebung in den soziologischen Systemtheorien vgl. (KROHN, KÜPPERS 1989, 51ff)

⁴ Vgl. zu den Begriffen Begründung und Erklärung (KROPE, WOLZE 2006)

⁵ Vgl. zu dem Begriff der *causa formalis* in den Erklärungskontexten der Physik KUHN (1977). Die Ursache ist hier ideelles Mittel, zu dem man korrespondierend die erfasste Regelmäßigkeit als Ursache betrachten kann.

Ein Auto wird aus einer Kurve getragen (Wirkung). Je nach formalem Zugriff haben wir es mit verschiedenen Erklärungssituationen zu tun. Ein Polizist mag nach Ursachen suchen, die den Handlungskontext betreffen. Mögliche Ursachen sind hier schlechte Sicht, Blenden durch die Sonne, Beeinträchtigung der Fahrroutinen durch Alkohol, psychische Belastungen etc., also unbekannte Störungen eines funktionellen Tätigkeits-Systems. Ein Straßenbauingenieur mag die Ursachen im glatten Straßenbelag oder der schlechten Straßenführung suchen, der Kfz-Ingenieur in der Konstruktion der Karosserie, die z. B. zu einem leichten Übersteuern neigt und der Reifenbauer im Profil oder im Material der Reifen.

Abstrahieren wir vom Handlungskontext und wenden uns den anderen Kontexten zu. Die Beantwortung der hier aufgeworfenen Warum-Fragen kann durch eine naturwissenschaftliche Systembeschreibung durchgeführt werden. Wechseln wir nun zu diesem Beschreibungskontext über und fragen nach der Wirk-Ursache für das Aus-der-Kurve-gleiten. Die Ursachen einer Kausalbeziehung als Produktionsbeziehung wären dann die physikalischen Kräfte bzw. allgemeiner Wechselwirkungen zwischen zwei oder mehreren Objekten.⁶ Damit sind die Kausalbegriffe aber definierbar und hätten keine kreativen Dimensionen.

Betrachten wir nun eine Modifikation unseres Beispiels, um noch einen Aspekt stärker hervorzuheben:

Der Fahrer möge wie jeden Tag in die Kurve gefahren sein. Das unterschiedliche Ergebnis der Fahrt veranlasst uns nun, nach der Veränderung des Systems zu fragen, zumal dann, wenn der Handlungskontext keine erkennbaren Veränderungen aufweist. Auf der Grundlage einer deterministischen Regelmäßigkeitsidee⁷ müssen gewisse Entitäten (Spurstange, Lenkung, Bremsen, Fahrbahn, Reifen) des Systems verändert sein. Diese veränderten Entitäten werden dann i. Allg. als die Ursache für den veränderten Fahr-Prozess angesehen. Dies gilt einmal für den Erklärungskontext, auf den es uns aber hier nicht ankommt. Zum anderen für den Beschreibungskontext: Es werden Abhängigkeitsbeziehungen bzw. Zusammenhänge als Kausalbeziehungen interpretiert (vgl. hierzu den weiter unten skizzierten Ansatz von P. SUPPES). Doch worin liegt die kausale Wirkungsproduktion? Die Wirkursache wird bei dieser Betrachtung verdeckt. Abhängigkeitsbeziehungen bzw. Zusammenhänge sind also i. Allg. keine Produktionsbeziehungen. Beides ist zu unterscheiden.

In der folgenden Erörterung der Kausalität im Beschreibungskontext wird dieses Problem wieder aufgenommen und die Begriffe der Abhängigkeits- und der Produktionsbeziehung mit Hilfe der Begriffe *Komplementarität*⁸ und *Wechselwirkung* präzisiert.

KAUSALITÄT IM BESCHREIBUNGSKONTEXT

Kausaldenken im bedingenden und auch bewirkenden Kontext ist in allen Praxisbereichen verbreitet. Dies vermittelt einerseits den Eindruck, dass es sich bei dem Kausalprinzip um ein grundsätzliches und unverzichtbares Prinzip handelt. Andererseits sind die Probleme, die mit dem Kausaldenken verbunden sind, nicht zu übersehen.

Für die Philosophie ist die Kausalität noch immer ein brisantes und für die Wissenschaft nach wie vor ein aktuelles Thema. Die Lebenswelt erscheint im diffusen Kau-

⁶ Der Wechselwirkungsbegriff ist als interdisziplinärer Begriff ein unverzichtbarer Grundbegriff einer Systemtheorie. Neben dem erwähnten Typ der Objekt-Objekt-Wechselwirkung tritt i. Allg. noch die durch die Tätigkeit bedingte Subjekt-Objekt- und die Subjekt-Subjekt-Wechselwirkung auf.

⁷ Mit dieser Annahme werden statistische Regelmäßigkeiten ausgeblendet.

⁸ Speziell handelt es sich in diesem Beispiel um die Komplementarität, den wechselseitigen Bedingungs-zusammenhang, von Struktur und Prozess.

sal-Chaos. Ausdrücke der Umgangssprache wie *Feuer wärmt*, *Eis kühlt* oder *Kamillentee hilft bei Bauchschmerzen* lassen einerseits das Kausaldenken bzgl. der natürlichen Welt transparent werden. Andererseits decken die kausativen Verben das Kausaldenken im Handlungskontext auf. Viele transitive Verben sind kausativ und können sowohl im Aktiv wie im Passiv gebraucht werden; sie hängen eng mit den Begriffen des Tuns und des Erleidens zusammen. Aktiv werden kann man aufgrund einer Vermögensdisposition, erleiden kann man etwas aufgrund einer Empfänglichkeitsdisposition.

Im lebensweltlichen Handlungskontext werden im Allgemeinen operative Veränderungen als Ursachen für dadurch entstehende Folgeänderungen angesehen. Im natürlichen und technischen Kontext ist es in der lebensweltlichen Beschreibung üblich, Ursachen auf Dispositionen zu reduzieren. Wenn ein Magnet ein Stück Eisen anzieht, so wird als Ursache die durch das Prädikat *...ist magnetisch* beschriebene Disposition angesehen. Der Magnet wird im Gegensatz zu dem Stück Eisen als aktiver Körper betrachtet, der Kraft hat und damit auch Kraft ausüben kann. Das Stück Eisen ist hingegen ein passiver Körper, der dieser Einwirkung nur Widerstand entgegensetzen kann. Bewegt sich der Magnet auf das ruhende Stück Eisen zu – indem man es z. B. festhält –, so ändert sich an der Sichtweise nichts: Es ist der Magnet, der sich an das Eisen heranzieht. Entsprechendes gilt bei einem Zusammenstoß zweier Körper (z. B. Autos), wobei der eine ruht und der andere sich bewegt. Die Ursache liegt im aktiven, also bewegten Körper. Dieser hat Kraft (Disposition) und kann sie daher beim Stoß auf den anderen Körper ausüben.⁹ Diese Beispiele zeigen auch schon ein Problem des Kausaldenkens auf: Statt des symmetrischen Wechselwirkungsbegriffs, physikalisch gesehen, wird der asymmetrische Kausalbegriff zur Beschreibung der Wirkungsproduktion verwendet.

Auf die enge Verknüpfung der Kausalbegriffe *Ursache* und *Wirkung* mit dem Handlungsbegriff nehmen auch aktionistische oder experimentalistische Kausaltheorien Bezug. Zugrunde liegt die Ansicht, dass wir aktiv und willkürlich in das Naturgeschehen eingreifen müssen, wenn wir Kausalbeziehungen analysieren und verstehen wollen.¹⁰ Mit den Veränderungen durch unser Eingreifen schaffen wir Zustände, die von selbst nicht eingetreten wären. Dies lässt („Kausal-“)Zusammenhänge vermuten. Die Reproduzierbarkeit solcher Eingriffe liefert Bewährungen von Annahmen über Kausalzusammenhänge und begründet diese. Es lassen sich zwei Interpretationen unterscheiden. Einmal derart, dass der Handlungskontext Kausalbeziehungen in der Natur aufdeckt. Ursache und Wirkung sind damit natürliche Entitäten. Zum anderen lassen sich auch Auffassungen aufzeigen, nach denen die ursächlichen Ereignisse handlungstheoretische Entitäten sind: Der handelnde Eingriff wird als Ursache für die herbeigeführte Situation aufgefasst, die als die Wirkung interpretiert wird.

In der Philosophiegeschichte lassen sich relativ früh Kausalvorstellungen nachweisen, so z. B. in der Philosophie der Vorsokratiker¹¹, PLATON und ARISTOTELES. Hier zeigt sich schon die Verschiedenheit der Kausalbegriffe. Gemeinsamer Hintergrund dieser Kausalvorstellungen ist das Prinzip, dass nichts aus dem Nichts entsteht, sondern alles seine Ursache hat. Die wesentlichen Differenzen der Kausalprinzipien sind durch den Typ der Ursachen begründet. Während es bei den Vorsokratikern um bewirkende Ursachen der materiellen Welt geht, lokalisiert PLATON die eigentlichen Ursachen die-

⁹ Resultate dieser Art sind in internationalen empirischen Studien der Naturwissenschaftsdidaktik ermittelt worden. Vgl. für einen Überblick zu mechanischen Prozessen mit den damit verbundenen Problemen KROPE und WOLZE (2005).

¹⁰ Vgl. z. B. von WRIGHT (1971, Teil II, Abschnitt 8 und 9) und (1974)

¹¹ Das Prinzip ist dort allerdings noch nicht explizit formuliert.

ser Welt im Bereich der Ideen, also im Ideellen. In kritischer Auseinandersetzung mit der platonischen Ideenlehre differenziert ARISTOTELES in seiner Metaphysik vier verschiedene Arten von Ursachen, die *causa materialis* (die im Stoff, in der Materie wirkende Ursache), die *causa formalis* (die bildende, gestaltende Ursache), die *causa finalis* (die End- oder Zweckursache) und die *causa efficiens* (die bewirkende Ursache). Dieser letzte Typ, die Wirkursache, hat in der Entwicklung der Naturwissenschaft eine entscheidende Rolle gespielt. Geistesgeschichtlich ist die Verbindung des Kausalproblems mit dem experimentellen Charakter der Naturwissenschaft und der Idee der Naturbeherrschung durch Technik bedeutsam.

Aus historischer Sicht lassen sich zwei Differenzierungen aufzeigen. Erstens die Unterscheidung von Kausalprinzip und Kausalgesetz. Zweitens wird jedes der beiden Prinzipien dadurch unterschieden, dass sie einmal als deskriptives Gesetz aufgefasst werden und zum anderen als methodisches Prinzip. Allerdings werden diese Unterscheidungen i. Allg. nicht klar durchgehalten, was nicht gerade zur Klärung der Kausalbegriffe dienlich ist.

In der Gesetzesform besagt das Kausalprinzip, dass nichts ohne Ursache geschieht (*nihil fit sine causa*). Anders formuliert: >Jedes Ereignis hat eine Ursache (als zeitlich vorangehendes Ereignis)<. Als methodisches Prinzip verstanden, ist diese Aussage mit der (impliziten) Aufforderung verbunden, nach Ursachen bzw. (deterministischen) Gesetzen zu suchen.

Das Kausalgesetz besagt in seiner Gesetzesform: >Gleiche Ursachen haben gleiche Wirkungen<. Es werden also zwischen den Ereignissen regelmäßige Zusammenhänge angenommen, die in generellen Kausalurteilen, z. B. Naturgesetzen, erfasst werden. Das Kausalgesetz lässt sich daher als Charakteristikum von spezifischen Gesetzen auffassen. In seiner methodischen Interpretation impliziert es die Aufforderung, diese Gesetze bzw. Regelmäßigkeiten zwischen den betreffenden Ereignissen Ursache und Wirkung zu ermitteln. Im Folgenden beschränken wir uns auf das Kausalprinzip und die durch dieses Prinzip zum Ausdruck gebrachte Produktionsbeziehung.

Obwohl das Kausaldenken wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der Naturwissenschaft gehabt hat, sind die Begriffe *Ursache* und *Wirkung* zunehmend aus der Naturwissenschaft eliminiert worden. Bereits Newton relativierte die Bedeutung der traditionellen, aristotelischen Ursachenerklärung, indem er auch dann Erklärungen mittels allgemeiner Prinzipien der Bewegung in den Vordergrund rückte, wenn die Ursachen dieser Prinzipien noch nicht entdeckt, d. h. auf gewisse grundsätzlichere Gesetze reduziert waren. Mach geht hier noch einen Schritt weiter. Er sieht den Grund für die Eliminierung der Begriffe *Ursache* und *Wirkung* in ihrer mangelnden Schärfe relativ zum Funktionsbegriff, der die Abhängigkeit messbarer Größen repräsentiert.

Um dieser Eliminierung zu entgehen, ist ein Begriffssystem der Kausalität, eine Kausalitäts-Theorie zu explizieren, sowie außerdem einmal die Beziehungen zu den lebensweltlichen Begriffssystemen und wissenschaftlichen Theorien und zum anderen die methodische Funktion der Kausalitäts-Theorie als Mittel der Forschung und praktischer Untersuchungen.

Grundbegriffe sind zunächst der Ereignisbegriff und der Begriff der Kausalbeziehung. Die Begriffe der Ursache und der Wirkung sind dann mit diesen beiden Begriffen definierbar. Der Ereignisbegriff muss aber durch dieses Begriffssystem derart bestimmt sein, dass er vom Zustandsbegriff und dem Begriff des Sachverhalts unterscheidbar wird. Noch problematischer wird die Explikation der Kausalbeziehung, wobei weitere

Grundbegriffe einzubeziehen sind. Zunächst muss im gesamten Begriffssystem die Produktionsqualität der Kausalbeziehung transparent werden und von einer reinen zeitlichen Reihenfolge sowie einer Abhängigkeitsbeziehung von Ereignissen unterscheidbar sein. Abhängigkeitsbeziehungen mögen Produktionsbeziehungen involvieren, isoliert verwendet beziehen sie sich lediglich auf eine Black-Box-Betrachtung. Solche undifferenzierten Betrachtungen sind sowohl in der Lebenswelt als auch in pseudowissenschaftlichen Untersuchungen zu finden. Dennoch ist die Untersuchung von Abhängigkeitsbeziehungen als ein erster Schritt für eine explizite Systemanalyse von Relevanz. Neben einer reinen zeitlichen Reihenfolge ist das raum-zeitliche Charakteristikum der Kausalbeziehung explizit zu machen. Dies impliziert u. a., ob Nahwirkungen oder auch Fernwirkungen einbezogen werden sollen.

Diese Probleme sind bis in die Gegenwart hinein ungelöst geblieben. Die Erfolglosigkeit dieses Bemühens ist wohl auch der Grund dafür, dass die Explikationsversuche fast ausschließlich in der Philosophie durchgeführt wurden¹², während der Verdrängungsprozess in der Naturwissenschaft dem Kausalbegriff marginale Funktionen zugeordnet hat. Sie ergeben sich aus der Verbindung des Kausalbegriffs mit dem Determinismusbegriff. Dies Vorgehen kann als eine spezielle Form der Elimination des Kausalgesetzes aus den Naturwissenschaften angesehen werden, zumal dann, wenn sie wie bei LAPLACE mit einer Identifizierung von Ursachen und Wirkungen mit Zuständen verbunden ist. Dem Determinismusprinzip von LAPLACE liegt die Entwicklung der Mechanik mit ihrem Absolutheitsanspruch zugrunde: Aus einem vollständigen Gesamtzustand der Welt kann im Prinzip auf jeden Gesamtzustand sowohl in der Zukunft als auch der Vergangenheit geschlossen werden. Diese deterministische Struktur kommt sehr prägnant durch die Hamiltonschen Differentialgleichungen zum Ausdruck:

$$\delta q / \delta t = \delta H / \delta p; \quad \delta p / \delta t = -\delta H / \delta q,$$

mit den Zuständen q (Ort) und p (Impuls) zu einem Zeitpunkt t .

Die marginalen Funktionen des Kausalprinzips in der Naturwissenschaft beziehen sich im Wesentlichen auf eine Charakterisierung der deterministischen Struktur. In diesem Sinne wird gelegentlich von der Akausalität in der Quantenmechanik oder quantenmechanischen Kausalität¹³, der starken und schwachen Kausalität in der Chaostheorie und der Kausalität der Wirkungsausbreitungsprozesse in der Relativitätstheorie gesprochen. Expliziert man das Kausalprinzip derart, dass es auf dem Determinismusbegriff gründet, so lassen sich dem Kausalprinzip (genauer: dem Determinismusprinzip) zunächst zwei Funktionen zuordnen. Als Ausgangsprinzip zur Entwicklung metrischer Gesetze (in Form von Differentialgleichungen) bestimmt es wesentliche Charakteristika der Gesetze. Gemäß der Intention des Kausalprinzips beschreiben diese Gesetze Nahwirkungen, wodurch ein spezifischer Typ von Differentialgleichungen bestimmt wird. Diese erlauben die Bestimmung der zukünftigen Zustände aus gegenwärtigen. Ein weiteres Charakteristikum bezieht sich auf die Auswahl der mathematisch zulässigen Lösungen der Differentialgleichungen. Das Kausalprinzip lässt nur solche Lösungen zu, die eine Wirkungsausbreitung mit positiver Zeitrichtung, d. h. eine Ausbreitung in die Zukunft beschreiben.

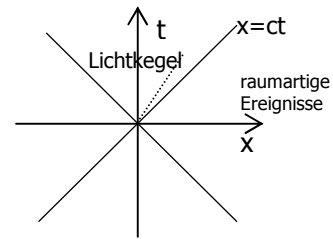
Die Abhängigkeit der Kausalbegriffe sowie des Determinismusprinzips von den spezifischen Theorien, lässt sich prägnant an der Relativitätstheorie und der Quantenme-

¹² Für eine kurze Darstellung verschiedener Explikationsversuche siehe (KRÜGER, RHEINWALD 1980).

¹³ Vgl. z. B. MITTELSTAEDT (1981). Das Quantenmechanische Kausalprinzip ist eine Einschränkung des Kausalprinzips der klassischen Physik.

chanik aufzeigen. Die Relativitätstheorie geht von einer endlichen Grenzgeschwindigkeit (Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum) aus, die das Maximum der Wirkungsausbreitungsgeschwindigkeiten bildet. Damit liegen alle Wirkungs- oder Weltlinien innerhalb

des Lichtkegels, mit einer zeitlichen Richtung, die derjenigen der wachsenden Entropie in quasi-isolierten thermodynamischen Systemen entspricht. Diese verschärfende Bestimmung des Kausalgesetzes schränkt weiter die Klasse der möglichen Differentialgleichungen ein. Die Funktionen, die die raumartigen Weltli-



nien außerhalb des Lichtkegels beschreiben, können nicht mehr als Lösungen zugelassen werden, da die Zeitbeziehungen zwischen ihren Weltpunkten (Ereignissen) nicht Lorentzinvariant sind. Eine solche relative Invarianz bezüglich spezifischer Bezugssystemtransformationen ist aber als grundsätzliches Charakteristikum eines Kausalgesetzes anzusehen. Eine weitergehende Funktion besitzt das Kausalgesetz in der allgemeinen Relativitätstheorie. Die den Lichtkegel bestimmende Metrik g ändert sich hier im Allgemeinen von Weltpunkt zu Weltpunkt, so dass die Menge aller Weltpunkte M^4 und die Menge aller Quadrupel reeller Zahlen \mathbb{R}^4 im Allgemeinen auch nicht mehr topologisch äquivalent sind. Spezielle Kausalitätsforderungen liefern einen Zusammenhang dieser Entitäten. So können z. B. die Kausalitätsrelationen zur Bestimmung der topologischen Struktur von M^4 dienen und die empirische Bestimmung der "lokalen Kausalität" die Bedingungen für die Messung der Metrik bis auf einen konformen Faktor liefern (vgl. HAWKING, ELLIS 1974, 60).

Auch die Quantenmechanik hat Besonderheiten, die mit dem klassischen Kausal- bzw. Determinismusprinzip nicht kompatibel sind. Die Schrödingergleichung $i\hbar\dot{\psi} = H\psi$, das Fundamentalgesetz der Quantenmechanik, ist zwar von der Form her ein (strikt-) deterministisches Gesetz. Dies kommt prägnant durch die logisch äquivalente Gleichung zum Ausdruck:

$$\psi(t) = \exp\left(-\frac{i}{\hbar} \int_{t_0}^t H dt\right) \psi(t_0).$$

Das Problem der quantenmechanischen Kausalität liegt jedoch im Zustandsbegriff. Der Zustand eines klassisch-mechanischen Systems lässt sich durch einen Punkt im Phasenraum repräsentieren. Damit sind alle Größen des Systems, die durch diese Theorie konstituiert werden, bestimmt. Dem Phasenraum der klassischen Mechanik entspricht der Hilbertraum der Quantenmechanik. Jedem quantenmechanischen System S wird ein Hilbertraum \bar{H} zugeordnet derart, dass die Zustände dieses Systems S durch Vektoren $\psi \in \bar{H}$ (Zustandsfunktionen) repräsentiert werden. Die Schrödingergleichung beschreibt die Entwicklung der Zustände, die Größen (Observablen) werden durch lineare Operatoren repräsentiert. Diese formale Identität zwischen klassischer Mechanik und Quantenmechanik ist mit einer wesentlichen Differenz verbunden, die auch ein Grund dafür ist, die Schrödingergleichung nicht als kausales Gesetz im klassischen Sinn anzusehen.¹⁴ Im Gegensatz zur klassischen Mechanik wird in der Quantenmechanik der Zustandsbegriff nicht auf die Größenbegriffe zurückgeführt. Ein quantenmechanischer Zustand ist keine Menge von Eigenschaften. Die ψ -Funktion repräsentiert auch nicht eindeutig die Zustände.

¹⁴ Es war früher eine häufig vertretene Meinung, die Schrödingergleichung als quantenmechanisches Kausalgesetz anzusehen (MARGENAU 1950).

Ein wesentliches Charakteristikum der Quantenmechanik ist ihr stochastischer Charakter, der hier in der objektiven Interpretation verstanden wird; d. h. der Wahrscheinlichkeitsfunktion korrespondiert eine Qualität eines realen Systems.¹⁵ Für den einfachen diskreten Fall kann der Wahrscheinlichkeitsbegriff mit BUNGE (1967, 252) wie folgt eingeführt werden:

Wenn der Operator L die Eigenschaft Q repräsentiert,

$$\psi = \sum_k c_k \varphi_k \quad \text{und} \quad L\varphi_k = q_k \varphi_k, \quad \text{dann ist} \quad P(q_k \in (q_{k'}, q_{k''})) =_{df} \sum_{k \in \Delta k} |c_k|^2, \quad \Delta k = (k', k'')$$

Die so definierte Funktion „ P “ erfüllt die Kolmogoroffaxiome und ist damit als die Wahrscheinlichkeit interpretierbar, dass der Wert q_k der Eigenschaft Q im Intervall $(q_{k'}, q_{k''})$ liegt (entsprechend im Falle eines kontinuierlichen Spektrums).

Die Definition macht von den Eigenwerten des Operators L Gebrauch. Das heißt aber, dass der konkrete stochastische Charakter durch die Beziehung zwischen ψ und den Eigenwerten von L zum Ausdruck kommt. Durch diese Beziehung wird erst der Bezug zur empirischen Entscheidbarkeit hergestellt, der notwendig zu jedem Begriff gehört, der etwas Konkretes repräsentiert. In diesem Sinne ist die durch $\psi \psi^*$ repräsentierte Wahrscheinlichkeit abstrakt. Als Spezialfall ergibt sich die Wahrscheinlichkeit $P(q_k) = |\langle \varphi_k, \psi \rangle|^2$ dass Q genau den Wert q_k besitzt.

Der nicht-klassische Charakter des quantenmechanischen Wahrscheinlichkeitsbegriffes ergibt sich daraus, dass für zwei Größen (als Zufallsvariable gedeutet) nicht immer eine gemeinsame Verteilungsfunktion existiert, zumindest dann nicht, wenn man negative Werte der Wahrscheinlichkeit bzw. der Wahrscheinlichkeitsdichte vermeiden will. Diese Anomalie lässt sich lösen, indem man den klassischen Ereigniskörper (σ -Körper) modifiziert (vgl. SUPPES 1961).

Der Kausal- bzw. Determinismusbegriff in der Quantenmechanik lässt sich, ausgehend von den entsprechenden klassischen Begriffen, verschieden explizieren. Grundlegend hierfür ist die Beziehung der Explikate zu den Begriffen *Notwendigkeit* und *Zufall*. Die klassischen Begriffe gründen – wie bereits hervorgehoben – auf dem Notwendigkeitsbegriff in dem Sinne, dass die Beziehung der Kausalfolge oder der Determiniertheit nur der Notwendigkeit und nicht dem Zufall unterworfen ist. Einer Ursache ist eindeutig eine Wirkung zugeordnet. Halten wir nun an der Eindeutigkeit der Kausalbeziehung fest, so ist das korrespondierende Kausalprinzip der Quantenmechanik nur auf solche Prozesse beziehbar, die keine durch Messung bedingten Zustandsänderungen enthalten. Da die mit Wahrscheinlichkeit voraussagbaren Messwerte vor einer Messung nicht objektiv in dem Sinne angenommen werden können, dass einer dieser Werte vorliegt und durch die Messung erst bestimmt wird, lässt sich der Kausalbegriff nur auf die objektiven Eigenschaften anwenden, d. h. auf diejenigen Eigenschaften, deren Messung zu keiner Zustandsänderung führt. Die zeitliche Aufeinanderfolge der quantitativen Veränderungen objektiver Eigenschaften besitzt die Eigenschaft einer Kausalbeziehung, auf die sich das quantenmechanische Kausalprinzip (MITTELSTAEDT, 1981, 156) bezieht:

"Sind zu einer Zeit t_0 alle objektiven Eigenschaften eines Systems bekannt, so lassen sich die zu einer späteren Zeit $t_1 > t_0$ vorliegenden objektiven Eigenschaften vollständig daraus berechnen".

¹⁵ Dabei abstrahieren wir von dem Problem, das der Schnitt der Messtheorie mit sich bringt: die Wahl des Schnittes, der das Objektsystem vom Messapparat isoliert, unterliegt einer gewissen Willkür des beobachtenden Subjektes. Für die Diskussion des hiermit verbundenen subjektiven Moments der Wahrscheinlichkeit vgl. (MITTELSTAEDT 1981).

Dieses quantenmechanische Kausalprinzip kann als Einschränkung des klassischen interpretiert werden. Will man diese Einschränkung umgehen, so muss die Annahme der Eindeutigkeit der Kausalbeziehung bzw. der Determinismusbeziehung fallengelassen und der Zufall einbezogen werden. Die quantenmechanische Wahrscheinlichkeit für die Messergebnisse lässt sich nicht derart interpretieren, dass einer dieser Werte auch vor der Messung existiert hat. Eine solche Annahme bildet zusammen mit der Quantenmechanik einen logischen Widerspruch¹⁶. Mit Hilfe des Wahrscheinlichkeitsbegriffs lässt sich lediglich eine Disposition oder Potentialität eines Systems erfassen, das aus dem quantenmechanischen System und einem mit diesem wechselwirkenden Meßsystem besteht. Dies entspricht der Definition des quantenmechanischen Wahrscheinlichkeitsbegriffs, die von der Beziehung zwischen ψ und den Eigenwerten eines Operators Gebrauch macht. Die für diese Wechselwirkung wesentliche Eigenschaft ist die betreffende, zu messende Observable, die durch den korrespondierenden Operator repräsentiert wird. Die Disposition liefert also den Möglichkeitsraum für die dem Zufall unterworfenen Ereignisse (Messresultate). Diese Möglichkeit ist mit Notwendigkeit durch den jeweiligen Zustand des quantenmechanischen Systems bestimmt. Komplementäre (konjugierte) Observable sind somit einmal sich wechselseitig ausschließende Gegensätze in dem Sinne, dass die Objektivierung einer Observablen durch die Messung die gleichzeitige Objektivierung einer komplementären unmöglich macht. Die Einheit der Gegensätze ergibt sich andererseits daraus, dass die Objektivierung der einen die Möglichkeit der anderen Observablen mit Notwendigkeit bestimmt, was durch die Wahrscheinlichkeit zum Ausdruck gebracht wird.

Systeme dieser Art zeichnen sich dadurch aus, dass die Beziehung zwischen aufeinander folgenden Zuständen im Allgemeinen nicht eindeutig ist, aber dennoch als bedingt angesehen werden muss. Diese Eigenschaft kann als Grundlage für die Entwicklung eines allgemeinen (Determinismus-)Prinzips herangezogen werden, das neben der Notwendigkeit auch den Zufall umfasst. Das Besondere der Beziehung von Notwendigkeit und Zufall in quantenmechanischen Systemen besteht lediglich im nichtklassischen Charakter des Wahrscheinlichkeitsbegriffs als Maß des Zufalls.

Das hier angesprochene Kausal- bzw. Determinismusprinzip liefert mit den komplementären Beziehungen zwischen Wirklichkeit (realisierten Zustand) und Möglichkeit sowie Notwendigkeit und Zufall eine qualitative Explikation der Schrödingergleichungen mit einer wesentlichen semantischen Dimension.

Dieser Spezialfall lässt sich zu einem allgemeinen Prinzip weiterentwickeln (vgl. WOLZE 1989, 139ff), das auf elementaren, nicht reduzierbaren Abhängigkeitsbeziehungen basiert. Der Einbezug des Zufalls sprengt jedoch die engeren Vorstellungen eines Kausal- und Determinismusprinzips. Hinzu kommt, dass aufgrund der wechselseitigen Abhängigkeiten dieses Prinzip im Widerspruch zu den asymmetrischen Kausalbeziehungen steht.

Die bisherige Erörterung hat einmal gezeigt, dass sowohl das Kausalprinzip als auch das Determinismusprinzip einige Fundamentalcharakteristika aufweisen, die nur implizit in den metrischen Gesetzen enthalten sind, aber durchaus ihre Semantik wesentlich bestimmen. Zum anderen ist wohl transparent geworden, dass zur Entwicklung eines Kausal- bzw. Determinationsprinzips wissenschaftliche (physikalischen) Theorien einbezogen werden müssen, denen dieses Prinzip gerecht werden muss.

¹⁶ Für einen Beweis, daß die Quantenmechanik nicht in eine strikt-deterministische Theorie eingebettet werden kann, siehe (KOCHEN und SPECKER, 1967).

Das hier verfolgte übergeordnete Ziel ist die Explikation fundamentaler qualitativer Prinzipien, einmal als relative Apriori zur Entwicklung quantitativer Gesetze, deren Semantik sie wesentlich bestimmen, und zum anderen um überhaupt eine allgemeine qualitative Systemtheorie aufstellen zu können. Das Kausalprinzip wird dabei gemäß der Grundidee BOHRs durch ein Komplementaritätsprinzip substituiert.

Zur Entwicklung einer Perspektive sollen abschließend noch zwei Ansätze vorgestellt werden, der probabilistische Ansatz von SUPPES und das System der Determinationskategorien von BUNGE.

DER PROBABILISTISCHE KAUSAL-ANSATZ

Aufgrund der an Bedeutung gewonnenen statistischen Forschungsmethoden sind auch probabilistische Kausalbegriffe entwickelt worden. Im Folgenden wird der Ansatz von SUPPES (1970) in einer etwas veränderten Form skizziert:

Bezeichnen E_i , $i=1, 2, \dots$, Ereignisse, so lässt sich in Anlehnung an SUPPES mit den Abkürzungen „... $<_t$...“ für „...ist früher als...“, „ $P(E_i)$ “ für „Wahrscheinlichkeit von E_i “ und „ $P(E_2|E_1)$ “ für „die durch E_1 bedingte Wahrscheinlichkeit von E_2 “ ein probabilistischer Kausalbegriff „...ist eine Prima-facie-Ursache von...“ (abgekürzt: U_{pf}) definieren:

$U_{pf}(E_1, E_2) \leftrightarrow_{df} (1) E_1 <_t E_2, (2) P(E_1) > 0, (3) P(E_2|E_1) > P(E_2)$

Den Wahrscheinlichkeitsbegriff präzisiert Suppes nicht weiter. Insbesondere wird offen gelassen, ob es sich um eine subjektive oder objektive Wahrscheinlichkeit handelt. Eine Prima-facie-Ursache zeichnet sich lediglich dadurch aus, dass mit ihr das ‚Wirkungsereignis‘ wahrscheinlicher wird als ohne sie. Diese Ursachen können sich einerseits entweder als echte oder scheinbare und andererseits entweder als direkte oder indirekte Ursachen erweisen. Auf diese Differenzierungen wird hier aus Relevanzgründen für das Folgende nicht weiter eingegangen, lediglich der deterministische Spezialfall soll noch angesprochen werden:

E_1 ist eine hinreichende Ursache von E_2 genau dann wenn gilt:

E_1 ist eine Prima-facie-Ursache von E_2 und $P(E_2|E_1)=1$.

Der fundamentale Unterschied zwischen diesem probabilistischen Ansatz und dem vorausgehend skizzierten besteht darin, dass die Abhängigkeitsbeziehungen hier nicht explizit vorliegen und ein Blackbox-Konzept zugrunde liegt. Es werden hier nur die eingangs erwähnten Abhängigkeitsbeziehungen bzw. Zusammenhänge auf die probabilistische Ebene erweitert. Ansätze dieser Art können für Systemanalysen zwar hilfreich sein, ersetzen aber keine expliziten Prinzipien bzw. Theorien.

DAS SYSTEM DER DETERMINATIONSKATEGORIEN

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit und hinreichende Explikation hält BUNGE (1979, 17 ff) die folgenden acht Kategorien für die moderne Wissenschaft für relevant:

(1) *Quantitative Selbstdetermination*

Dieser Determinationsbegriff bezieht sich auf solche Prozesse, bei denen sich die Größen (Eigenschaften, Relationen) nur quantitativ verändern. Qualitative Änderungen derart, dass neue, für die Determination wesentliche Größen entstehen, werden nicht mit einbezogen. Die Qualität der Determination des Folgezustandes durch einen vorangehenden Zustand ist nicht spezifiziert: Unter diesen Determinationsbegriff fällt sowohl der wechselwirkungsfreie Bewegungsprozess eines makroskopischen Körpers als auch der Prozess eines abgeschlossenen thermodynamischen Systems mit Zuständen wachsender Entropie. In diesem letzten Falle besitzt der gesamte Prozess eine komplizierte innere Wechselwirkungsstruktur.

Diese Kategorie bezieht sich auf strikt determinierte Prozesse eines (sequentiell) abgeschlossenen Systems. Die Abhängigkeits- und Produktionsbeziehungen bleiben implizit.

(2) *Kausale Determination oder Kausalität*

Im Gegensatz zum Vorangehenden bringt dieser Determinationsbegriff eine spezielle Qualität der Determinationsbeziehung zum Ausdruck: die Wirkung ist eindeutig durch eine externe Ursache determiniert. Diese Determination hat eine Produktionsqualität, die kein Nahwirkungsgesetz involviert und daher auch mit Fernwirkungsgesetzen kommensurabel ist. Dies bedeutet speziell, dass die Ursache der Wirkung zeitlich nicht vorausgehen muss. Ursachen und Wirkungen sind auch keine Zustände, sondern Ereignisse. Die Aufeinanderfolge von Zuständen besitzt nach Bunge keine Produktionsqualität. So ist z. B. das Ereignis des Auftreffens eines Steines auf eine Fensterscheibe die (externe) Ursache für das Wirkungsereignis des Zerschneidens der Scheibe oder das Ereignis des Auftretens einer EMK an den Enden eines Metalldrahtes die Ursache für die Wirkung, das Ereignis des Stromflusses.

Diese Kategorie bezieht sich auf eine strikte Produktionsbeziehung unter Abstraktion von Besonderheiten dieser Beziehung sowie der Besonderheiten des Systems.

(3) *Wechselwirkung*

Diese Determinationsbeziehung besitzt die Qualität einer wechselseitigen Produktion von Wirkungen. Während die Kausalbeziehung eine Asymmetrie aufweist, die mit einer aktiven, produzierenden Seite, der Ursache und einer passiven, produzierten Seite, der Wirkung, verbunden ist, weist die Wechselwirkungsbeziehung in dieser Hinsicht eine Symmetrie auf. Die Wechselwirkung kann somit als *wechselseitige Kausalität* (BUNGE 1979) oder *zirkuläre Kausalität* (HALBWACHS 1971) bezeichnet werden.

In der Naturwissenschaft spielt der Kausalitätsbegriff gegenüber dem Wechselwirkungsbeziehungsbegriff eine untergeordnete Rolle. Denn auch die Kräfte korrespondieren nicht der Kausalbeziehung, sondern der Wechselwirkungsbeziehung, in der die Kraft und Gegenkraft jeweils einen Pol dieser Beziehung darstellen. So gesehen sind der Kausalbegriff und der Wechselwirkungsbeziehungsbegriff voneinander unabhängige, eigenständige Begriffe. Eine Explikationsmöglichkeit des Kausalbegriffs besteht darin, dass er auch auf Wechselwirkungen angewendet wird. Die Ursache wäre dann die Wechselwirkungsbeziehung, von der auch nur eine Richtung betrachtet werden kann. Dies ist speziell in asymmetrischen Fällen interessant, in denen eine Wirkung vernachlässigt werden kann, wie z. B. die Gravitationswirkung eines Steins auf die Erde relativ zur Gravitationswirkung der Erde auf den Stein. Das Kausalprinzip bzw. die Kausalbegriffe wären damit aber überflüssig.

(4) *Mechanische Determination*

Dieser Begriff bezieht sich auf Prozesse, die durch einen vorangehenden Zustand im Zusammenhang mit wirkenden Ursachen und Wechselwirkungen bestimmt sind. Beispiele sind die Bewegungsvorgänge von materiellen Körpern, die durch Kräfteinflüsse verändert werden oder die Determination der Stromlinien einer Flüssigkeit durch den letzten vorangehenden Zustand, durch extern einwirkende Kräfte, interne Viskosität und durch interne Druckdifferenzen.

Die Differenz zur quantitativen Selbstdetermination besteht darin, dass hier zusätzlich externe Einflüsse hinzutreten.

(5) *Statistische Determination*

Der Begriff der statistischen Determination bezieht sich auf eine statistische Gesamtheit unabhängiger oder quasi-unabhängiger Prozesse, deren Endresultate durch ein statistisches Gesetz erfasst sind. Beispiel: die relative Häufigkeit, mit einer homogenen Würfelanordnung hintereinander zweimal dieselbe Zahl zu würfeln, beträgt auf lange Sicht 1:36.

Einer statistischen Determination liegen Prozesse zugrunde, die sich mit Hilfe anderer Determinationskategorien erfassen lassen. Diese Kategorie bezieht sich auf die Determination einer Invarianz als Möglichkeitsbereich. Was in diesem Bereich realisiert wird, unterliegt dem Zufall. Die Kategorie stellt eine (komplementäre) Beziehung zwischen Notwendigkeit und Zufall her, wie sie auch weiter oben erörtert wurde.

(6) *Strukturelle (oder ganzheitliche) Determination*

Bei dieser Determination geht es um die Abhängigkeitsbeziehung zwischen Teil und Ganzem eines Systems, wie z. B. zwischen Subjekt und Gesellschaft, Organ und Organismus. Teil und Ganzes hängen wechselseitig voneinander ab. Es handelt sich um komplementäre Beziehungen, d. h. um wechselseitige Bedingungsbeziehungen, die aber von den Wechselwirkungen zu unterscheiden sind.

(7) *Teleologische Determination*

Teleologisch determinierte Prozesse sind zielgerichtete Prozesse. Der Prozess wird durch das Ziel determiniert.

Verallgemeinert mit ANOCHIN (1978) ausgedrückt: Es ist das nützliche Resultat des Systems, das dieses organisiert. Weiter bestehen enge Beziehungen zum Prinzip von der Komplementarität von Struktur, Funktion und Fluktuation von NICOLIS und PRIGOGINE.¹⁷ Grundsätzlich bezieht sich also diese Kategorie auf grundlegende Abhängigkeitsbeziehungen selbstorganisierender Systeme.

(8) *Dialektische Determination oder qualitative Selbstdetermination*

Dieser Determinationstyp schafft neue Qualitäten durch die Veränderung der dialektischen Gegensätze, die für den weiteren Prozessverlauf wesentlich sind. Der Determination liegen dynamische Beziehungen in Form wechselseitiger (komplementärer) Bedingungsverhältnisse zugrunde, entsprechend der strukturellen Determination.

Die verschiedenen Determinationstypen sind nach BUNGE genetisch miteinander verbunden. Er vermutet, durch detaillierte Untersuchungen eine Ordnungsstruktur der Typen mit folgenden Eigenschaften zu erhalten:

- ein höherer Typ besitzt eine höhere Komplexität
- jeder Typ ist durch besondere Charakteristika bestimmt und nicht auf die anderen reduzierbar
- bis auf die ersten beiden gründet jeder Typ auf den niedrigeren Typen (ebd.).

Die Determinationskategorien sind recht allgemein gehalten. Sie bestimmen Determinationstypen. In der üblichen Formulierung beinhaltet das Determinationsprinzip, das alles von Bedingungen abhängt, die für das Auftreten der Ereignisse notwendig sind. Die Abhängigkeit von Bedingungen kann regelhaft und damit wesentliche Invarianten besitzen oder auch nicht regelhaft sein. Im ersten Falle spricht man von Gesetzmäßigkeit. BUNGES Determinationsbegriff impliziert den Begriff der Gesetzmäßigkeit, da er in allen Determinationskategorien enthalten ist.

¹⁷ (NICOLIS, PRIGOGINE 1971 und 1977); vgl. auch (JANTSCH 1982, 80ff) sowie (KROPE, WOLZE 2005, Abschn. 3.2.3 und 2008)

Die Determinationskategorien erscheinen einerseits zwar als relativ abstrakte Klassifikationsschemata von Determinationstypen, deren Mittelfunktion für Systemanalysen marginal ist. Andererseits lassen sich die Kategorien aber den Besonderheiten spezieller Theorien anpassen, die, wie die obigen Beispiele der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik gezeigt haben, recht unterschiedlich sein können. BUNGE verbindet mit diesen Kategorien elementare Prinzipien, wie das Prinzip der Determination, der Wechselwirkung und das genetischen Prinzip.¹⁸

Mit einer Explikation der Kategorien unter Einbezug solcher Elementarprinzipien lässt sich ein relatives Apriori für die Bestimmung von Grundcharakteristika spezieller Determinationsbeziehungen gewinnen, die es mittels Theorien zu beschreiben gilt. Insofern liefert dieses Apriori auch ein Mittel für die Theorienentwicklung.

Grundlegend sind die Kategorien der Wechselwirkung und der dialektischen Determination. Die Explikation des Begriffs der dialektischen Determination lässt sich mittels des Bohrschen Komplementaritätsprinzips durchführen. Gemäß BOHRs Grundidee ist das Komplementaritätsprinzip die folgerichtige Verallgemeinerung des Kausalitätsideals (BOHR 1964, 26). Mit Hilfe des Wechselwirkungsprinzips und des Komplementaritätsprinzips lassen sich alle acht Determinationskategorien präzisieren. Die mit der Kausalität verbundenen Bedingungsverhältnisse werden mit dem Komplementaritätsprinzip erfasst und das Produktionscharakteristikum der Kausalbeziehung mit dem Wechselwirkungsprinzip. Beide Prinzipien sind nicht auf die Naturwissenschaft beschränkt, sie besitzen interdisziplinären Charakter und eignen sich insbesondere für die Formulierung qualitativer systemtheoretischer Gesetze. Damit ist das Kausalprinzip in dem Sinne aufgehoben, dass es keine kreative Dimension mehr besitzt. Die Kausalbegriffe lassen sich allenfalls definitorisch auf andere Begriffe reduzieren.

LITERATUR

- ANOCHIN, P. K.: Beiträge zur allgemeinen Theorie des funktionellen Systems. Jena 1978.
- BOHR, N.: Atomphysik und menschliche Erkenntnis I. Braunschweig, 1964.
- BUNGE, M.: Foundations of Physics. Berlin/Heidelberg/New York 1967.
- BUNGE, M.: Causality and Modern Science. New York 1979.
- HALBWACHS, F.: Causalité linéaire et causalité circulaire en physique. In: Bunge, M. et al.: Les Théories de la Causalité. Paris 1971, S. 39 – 111.
- HAWKING, S. W.; ELLIS, G. F. R.: The large scale structure of space-time. Cambridge 1974.
- JANTSCH, E.: Die Selbstorganisation des Universums. München 1982, 80ff.
- KOCHEN, S.; SPECKER, E. P.: The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics. In: Journal of Mathematics and Mechanics, Bd. 17, 1, 1967, S. 59 – 87.
- KROHN, W.; KÜPPERS, G.: Die Selbstorganisation der Wissenschaft. Frankfurt/M. 1989.
- KROPE, P.; WOLZE, W.: Konstruktive Begriffsbildung – Vom lebensweltlichen Wissen zum wissenschaftlichen Paradigma der Physik. New York/München/Berlin 2005.
- KROPE, WOLZE: The Foundations of Theories in the Complementary Relationship of Explanation and Description. In: KožB.; Kahn, R.; Kozłowska, A., Krope, P. (ed.): Description and Explanation in Educational and Social Research. Los Angeles 2006.
- KROPE, WOLZE: Anmerkungen zum Realitätsproblem. Skizze eines systemtheoretischen Lösungsansatzes. In: ISB-Letter; Jg. 1, 1, 2008, S. 29-43.
- KRÜGER, L.; RHEINWALD, R.: Kausalität. In: SPECK, J. (Hrsg.): Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe, Bd. 2. Göttingen 1980, S. 318 – 327.

¹⁸ Detaillierter in (WOLZE 1989, Abschnitt C1)

Wolze: Kausalität – Sind Systeme mit Kausalbegriffen beschreibbar?

Kuhn, Th. S.: Verschiedene Begriffe der Ursache in der Entwicklung der Physik. In: ders.: Die Entstehung des Neuen. Frankfurt 1977, 72-83.

MARGENAU, H.: The nature of physical reality. New York 1950.

Mittelstaedt, P.: Philosophische Probleme der modernen Physik. Mannheim/Wien/Zürich 1981.

NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I.: Fluctuations in Non-Equilibrium Systems. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA), 68, 1971, 2102-2107.

Nicolis, G.; Prigogine, I.: Selforganisation in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order Through Fluctuations. New York, Wiley-Interscience, 1977.

SUPPES, P.: Probability Concepts in Quantum Mechanics. In: Philosophy of Science 28, 1961, S. 378 – 389.

SUPPES, P.: A Probabilistic Theory of Causality. Amsterdam 1970.

WOLZE, W.: Zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnisssysteme im Lernprozeß. Wiesbaden 1989.

WOLZE, W.: Interdisziplinarität und Systemtheorie – Entwicklungsperspektiven. In: ISB-Letter, Jg.1, 1, 2008, S. 1-29.

WRIGHT, G. H. v.: Explanation and Understanding. Ithaca 1971.

WRIGHT, G. H. v.: Causality and Determinism. New York 1974.

Kontakt

PD Dr. Wilhelm Wolze; Wolze@paedagogik.uni-kiel.de