

Klaus Müller

**»Katastrophen«, »Chaos« und »Selbstorganisation«.
Methodologie und sozialwissenschaftliche Heuristik
der jüngeren Systemtheorie**

1. »Neue Wissenschaft« und »nachkeynesianische Soziologie«

Die Gesellschaftswissenschaften bewegen sich seit geraumer Zeit auf ungesichertem Boden. Die Autorität der wissenschaftstheoretischen Orthodoxie wurde in den Kontroversen der 60er und 70er Jahre zerschlagen, die methodische Orientierungskraft der empirisch-analytischen Theorie ist nach der von Alvin Gouldner beschriebenen »Entropie« des Struktur-Funktionalismus einer Vielfalt 'nachempiristischer' Ansätze gewichen. Die Befreiung von positivistischen Ansprüchen hat jedoch keineswegs zu einem gestärkten Selbstbewußtsein der Sozialwissenschaften geführt. Die gerade erst gewonnene Souveränität ging in neue Abhängigkeiten über. Die Begründung sozialwissenschaftlicher Begriffe hat sich zusehends auf außersozilogische Gebiete verlagert, auf die mathematischen Kalküle der Entscheidungs- und Spieltheorie, auf kommunikationstheoretische Regeln und moralphilosophische Postulate.

Als besondere Ironie mag es rückblickend erscheinen, daß der Positivismusstreit nicht zugunsten der kritischen Theorie, sondern zugunsten eines unbeteiligten Dritten entschieden wurde - im Sinne einer erneuerten Systemtheorie. Wenn nach dem einstweiligen Verstummen der dialektischen Tradition das, was Reflexion auf die Totalität genannt wurde, noch beansprucht wird, dann im Rahmen einer Systemtheorie, die sich als »neue Wissenschaft« einführt. Wenn man den Aussagen ihrer Vertreter traut, dann sind wir nicht allein Zeugen eines theoretischen Umbruchs, dessen Tragweite der von der Relativitätstheorie und Quantenmechanik gesetzten Zäsur gleichkommt. Wir stehen am Anfang einer Epoche, in der die Kategorien des alteuropäischen Weltverständnisses, das Verhältnis zwischen Natur und Gesellschaft, zwischen Bewußtsein und Wirklichkeit einer tiefgreifenden Revision unterzogen werden: »wir (leben) in einer Zeit, in der sich eine wissenschaftliche Revolution vollzieht, bei der die Stellung und Bedeutung der wissenschaftlichen Betrachtungsweise eine grundlegende Neubewertung erfährt, einer Zeit, die dem Erwachen der wissenschaftlichen Betrachtungsweise bei den Griechen oder der Renaissance des wissenschaftlichen Denkens zu Zeiten Galileis nicht unähnlich ist« (Prigogine

1981, 12f.). Ausgehend von der vordersten Linie der Naturforschung, so lautet die Botschaft, zeichnet sich eine Weltsicht ab, die ein verändertes Verständnis von Kultur und Gesellschaft nach sich zieht.

Die Elemente zu einer 'Neuen Wissenschaft' fügen sich allerdings erst allmählich aus einer Vielzahl teils konkurrierender, teils sich überschneidender Konzepte zusammen. Hinter Begriffen wie »Autopoiesis« und »Synergetik«, hinter den Theorien »dissipativer« oder »katastrophischer« Systeme stehen molekularbiologische und neurophysiologische Phänomene, Vorgänge der physikalischen Formbildung, thermodynamische Prozesse, Reaktionsgleichungen chemischer Systeme und mathematische Modelle des Langzeitverhaltens nichtlinearer Systeme. Worum es zunächst geht, sind nicht-gleichgewichtige Zustände, mikro-makrophysikalische Übergangsphänomene, neuerliche Ansätze einer theoretischen Biologie auf der Suche nach der »Autonomie des Lebens« oder futurologische Spekulationen über das Schicksal der Menschheit - ein Spektrum, das sich von noch unabgesteckten Forschungsbereichen der Mathematik und Naturwissenschaft über naturphilosophische Verallgemeinerungen bis in die dünne Luft der Ersatzreligionen eines »Neuen Zeitalters« erstreckt.¹

Wissenschaftstheoretisch (und -soziologisch) betrachtet handelt es sich um ein kaum strukturiertes Feld, auf dem eine denkwürdige Kombination aus sektiererischer Esoterik und populärer Synthese vorherrscht.² Ob sich die-

-
- 1 »Kenntnisse in Systemtheorie, Tiefenpsychologie, asiatischen Sprachen, Statistik und Gnosis« sind das mindeste, was die Kombinatorik des Zeitgeists fordert, um für die »Existenz im Hyperepochen-Bruch« gerüstet zu sein (Sloterdijk 1991, 47).
 - 2 Den Auftakt zur »neuen Systemtheorie« hat Christopher Zeemans Popularisierung der (von ihm so genannten) »Katastrophentheorie« René Thoms gegeben (Zeeman 1976); mit der nötigen Distanz zum gleichen Thema s. die ebenfalls allgemeinverständliche Darstellung von Woodcock/Davis 1978. Die - nach einem von Birkhoff in den 30er Jahren eingeführten Terminus benannte - »Theorie dissipativer Systeme« wurde durch die umfassende naturphilosophische Studie von Prigogine und Stengers 1979 bekannt. Das weite Feld der »Chaos-Theorie« hat James Gleick 1987 auf beeindruckende Weise vorgestellt. Jede dieser Studien besitzt das unbestreitbare Verdienst, Interesse für entlegene Forschungen geweckt zu haben (während die von S.J. Schmidt herausgegebenen Sammelbände zum »radikalen Konstruktivismus« alle Anzeichen der szientistischen Sektenerbildung aufweisen). Keine von ihnen genügt allerdings methodischen Maßstäben, sofern diese immer auch eine Reflexion auf die Grenzen der Gültigkeit der vorgeschlagenen Modelle erfordern: die 'Generalisierung' der verwendeten Begriffe über ihren primären Geltungsbereich hinaus beruht durchweg auf mehr oder weniger gewagten Analogien. Die historischen Vorläufer und der wechselseitige Bezug bleiben im Dunkeln. Dies schmälert freilich nicht die erkenntnistheoretische Funktion, die sie gerade in ihrer Eigenschaft als Populärwissenschaft ausüben und die Ludwick Fleck vor längerer Zeit folgendermaßen beschrieben hat: »Da populäre Wissenschaft den größten Teil der Wissensgebiete eines jeden Menschen versorgt, da ihr auch der exakteste Fachmann viele Begriffe, viele Vergleiche und seine allgemeinen Anschauungen verdankt, ist sie allgemeinwirkender Faktor jedes Erkennens und muß als erkenntnistheoretisches Problem gelten. (...) Diese Bestandteile des Wissens waren oft maßgebend

se Ansätze theoretisch vereinheitlichen lassen, ob sich ihren Begriffen eine spezifische Bedeutung abgewinnen läßt, ist auf den ersten Blick schwer abschätzbar. Eine übergreifende Orientierung verspricht am ehesten das Programm der Allgemeinen Systemtheorie: »Its is only in our days, that the dreams of Ludwig von Bertalanffy and Norbert Wiener may come to fruition« (Jantsch 1981, 87).

Die Funktion dieses Programms bestand seit den 50er Jahren darin, ein Vokabular und eine Methodologie zu entwerfen, das den in den 40er Jahren entstandenen Disziplinen der Kybernetik und Informationstheorie, der Spieltheorie und des Operations Research als gemeinsame Grundlage dienen sollte (Bertalanffy 1968, Introd.). Die generalisierten Begriffe von Struktur und Funktion, Dynamik und Stabilität, von Ordnung und Organisation, des *feed back* und der Information waren keiner einzelnen Wissenschaft zugeordnet, sie sollten die allgemeinen Eigenschaften von Systemen schlechthin kennzeichnen. Spezifische Methoden der pseudo-experimentellen Simulation, ein nichtreduktionistisches Erklärungsmodell, eine eigene Auffassung von Erfahrung und Wirklichkeit sollten einen positivismuskritischen Begriff von Wissenschaft einführen.

Unter dem Eindruck der neuartigen Phänomene haben sich das Vokabular und die Methoden der Allgemeinen Systemtheorie in charakteristischer Weise verschoben. Die Kategorien des zustandsdeterminierten Systems, des homöostatischen (fließenden) Gleichgewichts und der Adaption an vorgegebene Umweltbedingungen sind der Aufmerksamkeit für Instabilitäten, katastrophische Strukturbrüche und eine äußeren Eingriffen entzogene 'Selbstorganisation' gewichen. Das heißt freilich auch, von instrumentellen Eingriffen und einer (sozial-)technologischen Steuerung alten Stils Abschied zu nehmen. Die »Neue Systemtheorie« hat die Motive der seit den 70er Jahren lautgewordenen Wissenschaftskritik zu dem Bewußtsein verarbeitet, »daß wir erst am Anfang jener Treppe stehen, die uns zu einer 'Neuen Rationalität' führen wird« (Prigogine 1982, 190). Jüngste Entdeckungen in der Physik und Biologie hätten zu der Erkenntnis geführt, daß die Natur nicht einer kleinen Anzahl zeitloser deterministischer Gesetze unterliege. Das Gewahrwerden prinzipiell nichtvorhersehbarer Ereignisse, die Spontaneität der Selbstorganisation und die zeitliche Dimension irreversibler Prozesse forderten eine gleichsam dialogische Einstellung zur Natur: »respect, not control« (Prigogine 1989, 399).

Das Vokabular der neuen Systemtheorie korrespondiert dem Stimmungswandel der Sozialwissenschaft seit den späten 70er Jahren. Staatsverschul-

dung, Stagflation und 'Unregierbarkeit' werden als Scheitern des »wissenschaftlichen Staats« diagnostiziert und gegen die weitere Alimentierung der keynesianischen Sozialwissenschaften ausgelegt (Bühl 1989, 104ff.). Die sichtbar gewordenen Grenzen der sozialtechnologischen Planung haben ernüchternd gewirkt. Der abgeklärte Realismus im Umkreis der jüngeren Systemtheorie richtet sich gegen die Vorstellung, die ökologischen Bedrohungen, die Instabilität von Finanzmärkten oder die Ernährungssituation in weiten Teilen der Welt durch politische Interventionen steuern zu können. Nach dem Versagen der großen Projekte scheint die Utopie der Machbarkeit dem Bewußtsein einer historischen Entscheidungssituation gewichen, in der man sich durch die Heuristik neuartiger Modelle der Turbulenz, des Stabilitätsverlusts, der Verlaufs von Schockwellen und der spontanen Selbstorganisation inspirieren läßt: »It may at a potentially chaotic juncture in human evolution, offer us a much clearer understanding of what happens, can happen, and can be made to happen in a time of mounting social, political, economic, and environmental crises« (Loye/Eisler 1987, 53; vgl. Prigogine/Stengers 1979, 305).

Sozialwissenschaftler unterschiedlicher Couleur haben sich dieser Auffassung angeschlossen, am entschiedensten naheliegenderweise die systemtheoretische Soziologie. Niklas Luhmann führt die Krise der soziologischen Theorie auf die unzeitgemäßen Mittel einer Denktradition zurück, die an der Handlungsmächtigkeit von Subjekten, an der Wirksamkeit aufklärender Kritik und am Zusammenhang von Allgemeinheit und Selbstverwirklichung festhält. Der jüngste »Paradigmawechsel in der Systemtheorie« biete die Chance, sich von dieser Tradition zu lösen, auch wenn das ein harsches Urteil über die eigene Profession impliziert: »Stimulierend haben zunächst die Thermodynamik und die Biologie als Theorie des Organismus, später auch Neurophysiologie, Zellentheorie und Computerttheorie gewirkt; ferner natürlich interdisziplinäre Zusammenschlüsse wie Informationstheorie und Kybernetik. Die Soziologie blieb nicht nur als mitwirkende Forschung ausgeschlossen; sie hat sich in diesem interdisziplinären Kontext als lernunfähig erwiesen« (Luhmann 1984, 27).

Von anderer Seite wird die Fixierung auf die Konfliktlogik des keynesianischen Staats für die Krise des Marxismus verantwortlich gemacht. Die traditionelle linke Politik sei im Kreislauf zwischen *welfare state*, fiskalischer Krise und antifiskalischer Bewegung, in der Polemik zwischen Keynesianern und Monetaristen und einer auf lineares Wachstum eingestellten Zukunftserwartung gefangen. Nachdem der demokratische Kapitalismus bislang alle Krisen der Akkumulation dank seiner transformativen Kapazität absorbiert habe, nachdem die Krisensemantik verbraucht sei, wird die nicht auf Gleichgewichte abzielende Terminologie der neuen Systemtheo-

rie aufgrund der »gesunden Destabilisierung« begrüßt, »die sie auf eine inzwischen rituell gewordene politische Nomenklatur der Linken ausübt.«³ Eher als die aussichtslose Suche nach »neuen Subjekten« scheinen die Termini der »Symmetriezerstörung« und »Katastrophe« geeignet, neue Formen des Antagonismus zu denken. Da keine »transformationstheoretische« Geschichtsphilosophie mehr existiert, die evolutionäre Formübergänge verspricht, kommt alles darauf an, die subtilen Keime einer »Morphogenese« zu lokalisieren, die eine »neue Historie« einleiten könnten: »Mit dieser Fähigkeit zur Neudefinition und Formkonstitution entscheidet sich das Schicksal der Linken, ihrer gesamten Physiognomie und Konfiguration« (Marramao 1983, 235).

Die erstaunliche Wertschätzung, die hier naturwissenschaftlichen Metaphern und ihren 'Generalisierungen' erwiesen wird, indiziert zum einen, daß die Systemtheorie in methodischer Hinsicht die Nachfolge der Analytischen Wissenschaftstheorie angetreten hat. Systemwissenschaftliche Methoden scheinen der avancierten Forschung eher angemessen als das starre Ideal einer deduktiv-nomologischen Theorie mit quantifizierbaren Begriffen. Gesetze und experimentelle Erfahrungen verlieren dort ihren Sinn, wo die Voraussetzungen für kontrollierte Prognosen von der Sache her nicht gegeben sind. Flexiblere Begriffe von Stabilität und Struktur, eine qualitative Mathematik, Verfahren der Computersimulation gewinnen Gewicht. Schließlich geht es um nicht weniger als die Rechtfertigung jener bislang eher suspekten Schlußweise, die der Übertragung des neuartigen Vokabulars in die Sozialwissenschaft zugrundeliegt: um die erste kohärente Theorie der Analogie seit Aristoteles (Thom 1974, 637). Zum anderen scheint dieses Vokabular den Sozialwissenschaften zu einer neuen Konzeption von sozialer Dynamik, von antagonistischen Spannungen, von Autonomie und Geschichte, zu einer kritischen Formanalyse zurückzuverhelfen, die den Idealisierungen des Struktur-Funktionalismus und der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie zum Opfer gefallen waren.

Kehrseite dieses zweifachen Anspruchs ist allerdings ein zweifaches Problem, dem ich im folgenden nachgehen werde. Zum ersten existiert die »Neue Systemtheorie« bislang eher als ein populärwissenschaftliches Artefakt, denn als eine Methodenlehre, die kritischen Maßstäben standhalten könnte. Zwar lassen sich eine gemeinsame Problemwahl und verwandte Techniken ausmachen, insbesondere ein topologisch redefinierter Systembegriff. Ein genauerer Blick auf die verschiedenen Ansätze zeigt jedoch tiefgreifende Divergenzen, die eine differenzierte Bewertung ihrer

3 s. Marramao 1983, 213-255, die wohl originellste Integration der Katastrophentheorie in eine Theorie der Macht (hier 234).

methodischen Qualitäten erfordern. Die theoretischen Implikationen der jeweils verwendeten Stabilitätsbegriffe und der mit ihnen verbundenen Erklärungsabsichten lassen sich, zum zweiten, an der sozialwissenschaftlichen Heuristik ablesen, wobei ich die konservative Optik des autopoietischen Ansatzes der kritischen Perspektive der Katastrophentheorie gegenüberstellen werde. Eine Heuristik konstituiert freilich noch keine Theorie - ein Umstand, der abschließend einige Überlegungen zu den prinzipiellen Grenzen erfordert, die der sozialwissenschaftlichen Deutung dieser Modelle gezogen sind.

2. Zustandsdeterminierte Systeme - das Paradigma der klassischen Systemtheorie

Um die von der Neuen Systemtheorie gesetzte Zäsur zu verstehen, ist es hilfreich, sich zunächst ihre methodische Differenz zum klassischen Modell des zustandsdeterminierten Systems in hinreichender Klarheit vor Augen zu führen, wobei es erforderlich wird, die sozialwissenschaftliche Heuristik und die regulative Funktion von Analogien im Kontext des systemtheoretischen Programms näher zu bestimmen.

a. Ein zustandsdeterminiertes System ist durch die vollständige Auflistung der (relevanten) Variablen und die zwischen diesen bestehenden Relationen charakterisiert.⁴ Die Ausprägung seiner Eigenschaften ist durch die Werte der Zustandsvariablen, seine Struktur ist durch die Form der Systemfunktionen festgelegt. Die Zustände des Systems sind durch die zu spezifischen Zeitpunkten eingenommenen Zustandskoordinaten bestimmt, seine 'Geschichte' besteht in der Abfolge der Zustände im (linearen) Zeitverlauf. Der Vorzug dieses allgemeinen Modells, dessen formale Struktur die eines Systems von Differentialgleichungen annimmt, liegt darin, daß in ihm sämtliche Systemzustände durch die Werte der Variablen bzw. der Parameter (die in der Regel die Einflüsse der Umwelt repräsentieren) vollständig festgelegt sind.

Die Standardtechnik der traditionellen Systemanalyse interessiert sich insbesondere für die Minima und Maxima der Systemfunktionen, für die stabilen Lagen eines Systems und seine funktionale Struktur. Denn ein stabiles Gleichgewicht ist voraussetzungsgemäß ein Zustand, in dem alle benachbarten Lagen konvergieren. Ein stationäres Gleichgewicht ist erreicht, wenn bei konstanten externen Bedingungen ein Zustand eintritt, in

4 Siehe zum folgenden Rapoport 1986, Kap. 2, oder auch die kritische Darstellung von Easton 1956.

dem jede weitere Veränderung unterbleibt. Im Fall eines dynamischen ('fließenden') Gleichgewichts kompensiert das System durch kontinuierliche (oder zyklische) Veränderungen seiner internen Organisation wechselnde Umwelteinflüsse: unabhängig von der Richtung einer externen Störung steuert ein solches System einen stationären Zustand an.

Komplexere, multi- oder polystabile Systeme, denen mehrere Gleichgewichte zugänglich sind, Stufenfunktionen, in deren Verlauf ein System jenseits gewisser kritischer Parameterwerte in einen neuen Zustand überspringt, sind der klassischen Stabilitätsanalyse sehr wohl bekannt. Entscheidend ist der Bezugsrahmen, in dem sie hier eingespannt bleiben. Selbst wenn Subsysteme in multistabilen Systemen nicht zu jeder Zeit determiniert scheinen, wenn Teilzustände nicht sicher vorhersehbar sind, sprengen sie nicht die Ordnung des übergeordneten Zusammenhangs: »Though the multistable system may look chaotic in action, as the activity fluctuates over the subsystems with (...) apparent lack of order (...), yet the tendency is always towards ultimate equilibrium and adaption.«⁵

Der methodische Stellenwert der Gleichgewichtsanalyse besteht darin, daß sich aus den Bedingungen eines Gleichgewicht zahlreiche Hypothesen über das Verhalten eines System bei gewissen Randbedingungen ableiten lassen. Spezifische Ereignisse werden danach klassifiziert, was sie zum Erhalt eines Gleichgewicht beitragen. Bei hinreichend detailliertem Wissen läßt sich der zukünftige Verlauf eines spezifizierten Systems in Abhängigkeit von spezifischen Randbedingungen und Anfangswerten prinzipiell prognostizieren. Und damit ist die Forschungsstrategie der älteren Systemtheorie benannt. Evolutionstheoretische, neurobiologische und soziologische Probleme werden als Komplikationen, Systeme mit mehreren Zustandsregionen, Strukturbrüche, und Fluktuationen werden als Abweichungen vom natürlichen Zustand der Dinge interpretiert. »The state-determined system must therefore hold a key place in the theory of mechanism. Because knowledge in this form is complete and maximal, all other branches of theory, which treat of what happens in other cases, must be obtainable from this central case as variations on the question: what if my knowledge is incomplete in the following way...?« (Ashby 1952, 270)

b. Die theoretische Bedeutung dieses Modells geht aus seiner Funktion als ein *interdisziplinäres Paradigma*⁶ hervor. Systeme von Differential-

5 Ashby 1952, 87ff. u. 272ff., hier 213.

6 In dem spezifischen Sinn einer symbolischen Verallgemeinerung, die Kuhn 1978, 392ff. als eines der Elemente einer *disziplinären Matrix* anführt. An dieser Bezeichnung werden im übrigen zugleich die Grenzen der von Kuhn initiierten »postpositivistischen Wissenschaftstheorie« sichtbar: einer auf Disziplinen und Fachgemeinschaften festgelegten Perspektive. Interdisziplinäre Verallgemeinerungen und Problemkontexte

gleichungen wurden zu Trägern weitreichender Analogien: von der Mechanik in die Thermodynamik und »theoretische Biologie«. Die Analyse von Veränderungsraten und Gleichgewichtsbedingungen wurde zum unmittelbaren Vorbild für Stanley Jevons *Calculus of Pleasure and Pain*; die analytische Ökonomie als erste »exakte Sozialwissenschaft« wurde zum Leitbild der analytischen Soziologie.⁷

Die 'Generalisierungen' des Modells eines zustandsdeterminierten Systems geschehen nicht auf dem Weg *materialer Analogien*, das heißt als Ausdehnung physikalischer Gesetze auf Ökonomie und Gesellschaft. Jevons war sich darüber im Klaren, daß der Wille der ökonomischen Agenten nicht das »Pendel« *ist*, mit dessen Schwingungen er die Bewegung der Marktpreise verglich. Parsons war sehr daran gelegen, Handlungen durch ihr »voluntaristisches« Element von dem Verhalten unbelebter Objekte zu unterscheiden. Die *formalen Analogien*, um die es hier geht, arbeiten auf subtilere Weise. Sie legen keine Begriffsinhalte fest, sondern schließen Zustände, Ereignisse, und dynamische Verläufe, die nicht den Eigenschaften eines zustandsdeterminierten Systems entsprechen, aus dem Bereich sinnvoller Rede aus. In diesem Sinn bezeichnete Ashby das Ordnungsideal der klassischen Systemtheorie als *natürliches System* - mit einer bemerkenswerten Begründung: »weil die Wissenschaft es ablehnt, die anderen Typen (...) zu erforschen und sie als 'chaotisch' oder 'unsinnig' abtut« (Ashby 1956, 70).

c. Sozialwissenschaftlich interpretiert zwingt dieses Modell zu Restriktionen, deren Folgen aus der Geschichte der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie bekannt sind. Mit den Techniken der Gleichgewichtsanalyse

bleiben, worauf zuerst Laudan 1977, 173ff. hingewiesen hat, außer acht. Das hängt freilich auch damit zusammen, daß Kuhns Theorie den Kanon der sog. klassischen Disziplinen nicht überschreitet, d.h. die in den 40er Jahren entstandene Kybernetik, Informations- und Spieltheorie ignoriert. Auch in anderer Hinsicht argumentiert er ganz im positivistischen Rahmen: die Naturwissenschaften bleiben das Modell von Erkenntnis schlechthin, während sich die Soziologie mit dem Status einer »Protowissenschaft« abfinden soll.

- 7 »The theory of economy, thus treated, presents a close analogy to the science of statistical mechanics, and the laws of exchange are found to resemble the laws of equilibrium of a lever as determined by the principle of virtual velocities«, heißt es bei Jevons 1871, 44. Umfassende Untersuchungen der konstitutiven Bedeutung thermodynamischer Metaphern für die ökonomische Gleichgewichtstheorie hat Mirowski vorgelegt (s. seinen Beitrag in diesem Heft). Bei aller Kritik am 'wissenschaftlichen Materialismus' entwickelte Parsons 1937, 43f. den *unit act* als kleinste Einheit von Handlungssystemen explizit in Analogie zur klassischen Mechanik; sein theoretisches Ideal (ebd., 9f.) ist das eines logisch geschlossenen Gleichungssystems. In späteren Schriften (z. B. in Parsons/Bales/Shils 1953, 102f.) spricht Parsons, in »klarer Analogie zu den drei Newton'schen Gesetzen«, vom »Phasenraum« des Handelns und einer auf Gleichgewichte gerichteten Dynamik sozialer Systeme.

schien die Stunde einer »reinen Ökonomie« gekommen, die die gesellschaftliche Form der Arbeit, die institutionelle Infrastruktur und die politische Regulation von Marktgesellschaften als außerökonomische Parameter behandelt. Die Existenz stabiler und eindeutiger Marktgleichgewichte sollte die optimale Nutzung produktiver Ressourcen und ausgeglichene Konsumpläne allein aufgrund des Wettbewerbs anzeigen. Der Nachweis der Funktionstüchtigkeit »selbstregulierter« Marktssysteme wurde allerdings mit Abstraktionen erkaufte, die an den Rand theoretischer Sinnhaftigkeit führten. Um die Gültigkeit des Modells formal sicherzustellen, waren zum einen restriktive Zusatzannahmen wie die der unendlichen Teilbarkeit der Ressourcen, fallender oder konstanter Grenzerträge, kostenloser, vollständiger und symmetrisch verteilter Informationen erforderlich. Zum anderen wurden der Schlüssigkeit des Modells zuliebe Faktoren von unzweifelhaft ökonomischer Bedeutung externalisiert.⁸ Technischer Fortschritt, die Entwicklung von Bedürfnissen und die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen wurden in die Umwelt der »reinen Ökonomie« verwiesen, auch wenn dies wachstums- und konjunkturtheoretische Defizite nach sich zog. Darüberhinaus existieren in der Welt der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie keine reale Zeit und keine echten Akteure. Die Bedingungen des Gleichgewichts und die Kriterien der Konvergenz sagen nichts über die Pfade, auf denen ein Ruhepunkt tatsächlich erreicht wird. Es existiert keine Theorie des Verhaltens außerhalb des Gleichgewichts; ist andererseits ein Gleichgewicht erreicht, entfallen alle Gründe für weitere Aktivitäten.

Diese in Analogie zu den friktionsfreien Modellen der analytischen Mechanik vorgenommenen Abstraktionen brachten die Allgemeine Gleichgewichtstheorie in die paradoxe Situation, jeden Gewinn an 'Universalität' mit stets neuen einschränkenden Bedingungen erkaufen zu müssen: »From this perspective general equilibrium theory is a partial theory of economic affairs with a special set of *ceteris paribus* assumptions. The variables which are left free are chosen because they lend themselves to a particularly elegant theory in terms of consumer demands under budget constraints and producer supplies with profit conditions where these con-

8 Zur Diskussion dieser und weiterer Einwände gegen die Allgemeine Gleichgewichtstheorie s. Shubik 1975 und aus jüngerer Zeit de Vroey 1991. Die spieltheoretische Kritik verdient besondere Beachtung, da sie von vornherein gegen fehlgeleitete Analogien zwischen Ökonomie und Physik argumentierte: »In allen Lagen, wo das Ergebnis der Verhaltensakte der Menschen nicht nur von den tatsächlichen, schon vollzogenen Akten, sondern auch von den erwarteten abhängt, wo es ferner auf den Grad des Wissens über die Absichten und die Informiertheit der anderen ankommt, dort haben physikalische Analogien und Modelle keinen Platz. In der Physik gibt es nichts, was diesen, für die Wirtschaft ganz typischen Lagen entspräche« (Morgenstern 1950, 116f.).

straints and conditions are established by prices equating demand and supply. That was the vision of Walras, perhaps guided by the theory of static equilibrium of mechanical forces which he found in Poisson« (McKenzie 1987, 509). Die häufig konstatierte »Irrelevanz« dieser Theorie bestand darin, reale ökonomische Prozesse nicht erklären zu können, während das, worauf sie anwendbar wäre, nicht existiert.⁹

Soziologisch gewendet führte das Ordnungsideal des zustandsdeterminierten Systems zu einem strukturkonservativen Systembegriff, der bei einer statischen Typologie von Gesellschaften stehen blieb. In ihrem Versuch, einen Gesellschaftsbegriff aus der Antithese von Chaos und Ordnung herzuleiten, in der Vorstellung eines sozialen Systems, das seine Grenzen und seine Struktur gegenüber einer variablen Umwelt aufrecht erhält, entwarf die strukturfunktionale Soziologie den Idealtypus einer vollintegrierten Gesellschaft. Ordnung wird aus den vordefinierten Bedingungen eines (fließenden) Gleichgewichts deduziert. Stabilität und Wandel fallen in einer Dimension zusammen: Instabilität wurde als Friktion adaptiver und integrativer Prozesse interpretiert oder an externe Ursachen verwiesen (Parsons/Shils 1951, 230). Die funktionalistische Konflikttheorie begreift noch soziale Widersprüche als Mittel der Systemintegration. Parsons' Handlungssystem entfaltet aus sich heraus keine desintegrativen Kausalitäten: »the 'tendency' to maintain the interaction process is the *first law of social process*« (Parsons 1951, 205). Die unterstellte Stabilität der Interaktion läßt keinen Raum für systematisch produzierte Ambivalenzen oder gegensätzliche Interessen, die sich nicht gemäß dem Prinzip der Identität von *actio* und *reactio* ausgleichen, sondern auf wechselseitige Zerstörung drängen.¹⁰ Soziale Gegensätze wurden zu einer Unterkategorie von gesellschaftlicher Ordnung. Da der soziale Prozeß aus sich heraus keine strukturverändernde Dynamik entfaltet, mußte die Analyse gesellschaftlichen Wandels auf eine sozial strukturierte Zeit verzichten. So war es nur kon-

9 Farjoun/Machover 1983, 32. Die Autoren adressieren ihre Kritik an der Diskrepanz zwischen den deterministischen Gleichgewichtsannahmen und der ungeordneten Realität der Marktbewegung nicht allein an die (neo)-klassische und (neo)-ricardianische Theorie, sondern auch an Marx' Annahme einer uniformen allgemeinen Profitrate: »The discrepancy is particularly striking in Marx: he, more than anyone else, stresses the chaotic and uncoordinated nature of the capitalist mode of production, but his quantitative treatment is absolutely deterministic« (ebd., 241). Ihr eigener Vorschlag zielt darauf, Preise und Löhne in ausdrücklicher Analogie zu Maxwells und Boltzmanns statistischer Mechanik als Zufallsvariablen einzuführen - ein musterhafter Beleg für Mirowskis Thesen zum Metapherntransfer von der Physik in die Wirtschaftstheorie, aber kaum ein Beitrag zur an anderer Stelle geforderten Analyse der »sozialen Prozesse und Strukturen, durch die soziale Arbeit organisiert wird« (ebd., 26f. bzw. 85).

10 Eine Konstellation, die Gramsci (1929-36, 326ff., hier 336ff.) in seiner metaphorreichen Analyse der »Kräfteverhältnisse« in verschiedenen Gesellschaftsformationen »katastrophisches Gleichgewicht« nannte.

sequent, daß Parsons das Fehlen einer Theorie evolutionärer Prozesse eingestand (Parsons 1951, 483; so auch in Parsons 1966, 170f.).

d. Wie aber ist der Reiz eines Systemmodells zu erklären, dessen sozialwissenschaftliche Defizite seit langem geläufig waren? Man kommt der Beantwortung dieser Frage näher, wenn man sich die oben angesprochene Tiefenschicht eines »Paradigmas« vergegenwärtigt. Auf ihr fungiert das zustandsdeterminierte System weder als deskriptives noch als analytisches Schema, sondern als ein *Regularitätsprinzip*, das Neuartiges auf Gewohntes bezieht, Anomalien von erklärungs-fähigen Phänomenen unterscheidet, Evidenzen erzeugt, das Verhältnis zwischen Statik und Dynamik, Zufall und Notwendigkeit festlegt und fundamentale Ähnlichkeitsrelationen auszeichnet. Stephen Toulmin hat die Funktion solcher Ordnungsideale für die Naturwissenschaften dahingehend bestimmt, daß erst sie die Gleichförmigkeit der Natur, den »natürlichen Lauf der Dinge« und kommunizierbare Erfahrungen gewährleisten und dadurch erst festlegen, was als Erklärung gilt.¹¹ Die Eigenschaften zustandsdeterminierter Systeme sind daher nicht der Realität inhärent, sie charakterisieren den generalisierten Erwartungshorizont der Naturforschung und die regelgelenkte Präzision der verwendeten mathematischen Verfahren.

Für die Sozialwissenschaft, soweit sie sich an diesem Modell orientiert, tritt ein entscheidendes Moment hinzu. Die auf dem Wege der Analogie aus der Naturtheorie übernommenen Ordnungsideale fügen sich hier zu einer *sozialen Kosmologie* zusammen, die zwischen drei Polen aufgespannt ist. Zum ersten werden sozialwissenschaftliche Grundbegriffe als anthropologische bzw. evolutionäre Universalien aufgefaßt, die keine historische Relativierung zulassen, sondern den begrifflichen Rahmen vorgeben, innerhalb dessen Gesellschaft und Geschichte erst erfaßt werden kann. »Knappheit« gilt der analytischen Ökonomie, »Macht« der politischen Theorie, »Ordnung« und »funktionale Differenzierung« gelten der systemtheoretischen Soziologie als nicht hintergehbare Verhältnisse, die den »naturgemäßen« Zustand und Gang der Verhältnisse kennzeichnen.¹² Zum zweiten besitzen die Kategorien des zustandsdeterminierten Systems trotz ihres formalen Zuschnitts unübersehbare normative Nebenbedeutungen, wenn nicht im Sinn praktischer Maximen, dann doch durch die Aus-

11 Toulmin 1953, 143-171; für den Kontext, um den es hier und im weiteren geht s. bes. 165ff.; Toulmin 1961, 54-99. Für eine konzentrierte Diskussion solcher regulativer Prinzipien am Beispiel von Kausalität und Indeterminismus s. Nagel 1961, 316-335.

12 Klassische Ableitungen dieser Art sind bei Leon Walras, David Easton und K. Davis/W. Moore zu finden. Ähnliches gilt für spätere Theorien: Luhmanns Grundbegriffe sind bekanntlich aus Gehlens Anthropologie gewonnen, während für Habermas die Möglichkeit universaler Verständigung »offensichtlich ein Faktum der Natur« darstellt.

zeichnung theoretisch privilegierter Zustände. Der Nachweis eines Wettbewerbsgleichgewicht soll aufzeigen, daß eine dezentrale Ökonomie von Privateigentümern zu einer optimalen Verteilung von Ressourcen führt, die darüberhinaus gewissen wohlfahrtsökonomischen Anforderungen genügt. Ein determiniertes Preissystem symbolisiert, wie selbstinteressierte Individuen zugleich das allgemeine Wohl fördern. Die Theorie der »funktionalen Stratifizierung« erklärt, inwiefern soziale Ungleichheit sehr wohl »funktional vorteilhaft« sein kann.¹³

Zum dritten besitzt jede Analogiebildung *handlungstheoretische Konsequenzen*, indem sie die Möglichkeiten und die Form eingreifenden Handelns in den Lauf der Ereignisse umreißt. Die Naturalisierung von Gesellschaft geschieht nicht als Identifizierung des sozialen Geschehens mit Natur; naturalistische Metaphern in der Gesellschaftstheorie artikulieren *Einstellungen* zur Gestaltungsmacht sozialen Handelns, in der die »Natur der Gesellschaft« als Handlungsgrenze erscheint. In dieser Eigenschaft wirft das Paradigma des »natürlichen Systems«, ganz im Sinn von Webers Paradigmbegriff, ein spezifisches Licht auf die »relevanten Realitäten des Handelns« (Weber 1922, 9). Die Linearisierung der Zustandsfunktionen, die unterstellte Reversibilität der Systemprozesse und die komparative Statik der Systemanalyse beruhen nicht auf Naivität, sondern verfolgen ein praktisches Interesse. Daß die Annahme konstanter Parameter über größere Zeiträume illusorisch ist, daß nichtlineare Funktionen ein realistischeres Bild ökonomischer Prozesse zeichnen könnten, war seit langem bekannt. Jenseits linearer Funktionen beginnt jedoch der ungesicherte Bereich einer nichtkontrollierbaren Dynamik, angesichts dessen eine an Stabilisierung und Kontrolle interessierte Theorie zur »Verteidigung der Statik« aufrief: »as economists we do know not very much, but we do know something that is not to be despised, and that we do know is mostly comparative statics. This is not to depreciate the importance of economic dynamics: it is merely to register scepticism as to its existence. Our pretensions at dynamics (..) have little value either for prediction or for policy« (Boulding 1955, 483). Insbesondere versprachen erfolgreiche Linearisierungen jene Art von Ereignissen auszuschließen, die zum Leitmotiv einer Neuen Systemtheorie geworden sind: »no catastrophes can happen within the limits of the system« (Deutsch 1963, 89).

13 Die hier angesprochenen normativen Aspekte der systemwissenschaftlichen Theoriebildung waren und sind kontrovers. Bis heute haben sich die Vertreter der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie nicht darauf geeinigt, ob ihr Ansatz ein analytisches Gedankenexperiment, eine empirische Theorie oder eine normativ-analytische Optimierungslehre darstellt.

3. Die Methodologie der Neuen Systemtheorie

Die Ansätze zur Neuen Systemtheorie sind ihrer Herkunft nach heterogen, sie bewegen sich vor dem Hintergrund unterschiedlicher disziplinärer Probleme und stehen in konkurrierenden Metaphertraditionen - was für ihre sozialwissenschaftliche Heuristik nicht unwesentlich ist. Ihr gemeinsamer methodologischer Nenner besteht in einer dreifachen Kritik des Modell zustandsdeterminierter Systeme.

Zum ersten wird die Beschränkung auf lineare Funktionen bzw. auf linearisierende Näherungen an nichtlineare Funktionen fallen gelassen, so daß komplexere Systemstrukturen sichtbar werden. Zum zweiten wird die komparative Statik, die die Reaktion von Systemen auf jeweils konstant gesetzte äußere Bedingungen zu verschiedenen Zeitpunkten bezieht, durch eine dynamische Betrachtung der Parameter und ihrer Auswirkungen auf das System ersetzt. Beides führt zum Verlust eindeutiger und stabiler Gleichgewichte. Der Funktionsverlauf nichtlinearer Systeme läßt sich in den seltensten Fällen durch konvergente Folgen beschreiben, das heißt durch Grenzwerte, die als Gleichgewichte interpretierbar wären: es ist keine allgemeine Theorie vorhanden, mit der sich die Existenz eines Gleichgewichts nachweisen ließe. Dynamische Parameter können andererseits instabile Gleichgewichte nach sich ziehen, selbst wenn diese Gleichgewichte für jeden konstant gesetzten Wert der Parameter stabil sind. Damit aber verliert zum dritten der Schlüsselbegriff des stabilen und eindeutigen Gleichgewichts seine theoretisch privilegierte Position.

An seine Stelle tritt eine Reihe ungewohnter Konzepte, deren metaphorische Bezeichnung weitreichende Assoziationen freigesetzt hat, ohne ihrem methodischen Stellenwert unbedingt näher gekommen zu sein. Die Begriffe der »Katastrophe«, der »Bifurkation«, des »Attraktors«, der »Singularität«, der »Trajektorie«, der »Selbstorganisation« und des »Chaos« bezeichnen mathematische Sachverhalte, und es ist wichtig sich über ihren Status hinreichende Klarheit zu verschaffen, insbesondere wenn es um ihre sozialwissenschaftliche Verallgemeinerung geht. Methodologisch betrachtet ist die im Hintergrund stehende Mathematik¹⁴ hier nur insofern relevant, wie sie zu veränderten Methoden der Systemanalyse führt, wobei ich mich auf drei Ansätze beschränke.

1. Die *Theorie der Autopoiesis*, obwohl sie bisweilen mit der neuen Systemtheorie schlechthin gleichgesetzt wurde, wirkt in diesem Kontext eigentümlich deplaciert. »Autopoiesis« wurde als definitivische Formel für

14 Einen einführenden Überblick geben May 1976 und Jetschke 1989.

die qualitative Differenz organischen Lebens zu seinem physiologischen Substrat eingeführt und besteht gegenüber reduktionistischen Erklärungen und (gen-)technologischen Eingriffen auf einer Selbsterzeugung und -reproduktion: auf der Einzigartigkeit und Autonomie des Lebens (Varela 1984). Dieses Postulat geht in folgende Systemdefinition ein:

»Es gibt eine Klasse von Systemen, bei denen jedes Element als eine zusammengesetzte Einheit (System), als ein Netzwerk der Produktion von Bestandteilen definiert ist, die (a) durch ihre Interaktion rekursiv das Netzwerk der Produktionen bilden und verwirklichen, das sie selbst produziert hat; (b) die Grenzen des Netzwerks als Bestandteile konstituieren, die an seiner Konstitution und Realisierung teilnehmen; und (c) das Netzwerk als eine zusammengesetzte Einheit in dem Raum konstituieren und realisieren, in dem es existiert« (Maturana 1978, 94.)

Der Anflug von Zirkularität, der diese Definition kennzeichnet, soll der »informationellen Geschlossenheit« autopoietischer Systeme Rechnung tragen und lasse sich zudem durch die Fixpunkte rekursiver Funktionen mathematisch präzisieren.¹⁵ Autopoietische Systeme werden nicht durch ihr äußeres Medium determiniert. Eine spezifische Organisation sichere ihnen Autonomie gegenüber einer Umwelt, von der sie andererseits energetisch abhängig bleiben. Was als Anpassung an eine Umgebung erscheint, sei in Wirklichkeit die »strukturelle Koppelung« des betrachteten Systems an einen Bereich »angemessener historischer Kontingenzen«, der die Freiheitsgrade des Systems nicht ausschöpfe. Mit der »Initialstruktur« der autopoietischen Organisation ist über alle weiteren Zustände der Systemgeschichte entschieden (Maturana 1978, 94; 1985, 290). Der zulässige Bereich für die Werte externer Parameter und die Dynamik der Homöostase werden nicht weiter spezifiziert.¹⁶ Für externe Beobachter sei »Autopoiesis« überhaupt nur soweit erkennbar, wie sie »konsensuell« an der Operationsweise des System »teilnehmen«. Zwischen selbstregulativer Autonomie und »allopoietischer« Fremdregulation lauere ein durch eine topologische Systemgrenze markierter »katastrophischer Bruch« (Maturana 1980, 75). Die radikale Abblendung der Interaktion zwischen System und Umwelt führt zu einem drastisch reduzierten Stabilitätskonzept, das nur zwei Zustände kennt: Fortsetzung der Autopoiesis (bei organisationsstabilem Wandel) oder den Tod des Systems. - Es fällt schwer, aus den bisweilen orakelhaften Definitionen Varelas und Maturanas ein methodo-

15 Fixpunkt-Theoreme, dessen bekanntestes Leo Brouwer 1912 bewiesen hat, besagen in diesem Zusammenhang, daß die zur Darstellung eines Systems verwendeten Gleichungen eine Lösung haben - was Varela 1981, 127 folgendermaßen verbalisiert: »Ausdrücke der Form $F = *(F)$ können selbstreferentiell genannt werden: F sagt etwas über sich selbst aus, nämlich, daß $*(F)$ der Fall ist.«

16 »Daher wird bei der Kennzeichnung von Autopoiesis auch nichts über die Gesetzesartigkeit der Prozesse gesagt, die die Strukturveränderungen realisieren.« (Maturana 1978, 95)

logisches Programm herauszulesen, und man spricht wohl besser von einer antiexperimentellen Einstellung, die zur Kooperation mit der Natur aufruft: zu einer »Biologie der Freiheit« (Varela 1982).

2. Die Katastrophen- und die Chaostheorie sind dagegen an den Strukturen interessiert, die beim Überschreiten »katastrophischer Grenzen« entstehen. Der *Katastrophentheorie* geht es dabei insbesondere um fünf Eigenschaften nichtlinearer Systeme und den darauf bezogenen Begriff einer strukturellen Stabilität. Dieser Eigenschaften lassen sich zunächst an der Ikone der Katastrophentheorie, an der Graphik einer *Cusp*-Katastrophe veranschaulichen.¹⁷ Das manifeste Verhalten, die »Verhaltensoberfläche« B eines solchen Systems, wird in Abhängigkeit von den zwei extern regulierten Parametern a und b dargestellt, deren Achsen die Kontrolloberfläche C aufspannen. Oberhalb einer jeden Parameterkombination befindet sich mindestens ein Systemzustand, dessen Wert auf einer senkrecht zu C eingezeichneten Verhaltensachse abgetragen wird. Die Besonderheit des abgebildeten Systems besteht darin, daß seine Stabilität und Eindeutigkeit im Bereich der von hinten nach vorn durch B hindurchgezogenen Falte verloren geht. In diesem Bereich der Verzweigungen K , der im Parameterraum die Form einer sich entfaltenden »Knospe« aufweist, werden drei konkurrierende Gleichgewichtslagen zugänglich.

Die Dynamik eines solchen Systems wird sichtbar, wenn man den charakteristischen Pfaden auf der Verhaltensoberfläche folgt, die das System in Reaktion auf gewisse Pfade auf der Parameterfläche durchläuft.

(a) Wenn den Wertkombinationen von a und b außerhalb K 's jeweils ein Verhaltenswert zugeordnet ist, zeigt sich, inwiefern beide Faktoren *konfligieren*. Vom Nullpunkt B_0 ausgehend führen zunehmende Werte von b bei relativ niedrigen Werten von a in die obere, im umgekehrten Fall jedoch in die untere Region von B : den Trajektorien t_{1a} bzw. t_{1b} im Raum

17 Die auf Seite 355 gezeigte Graphik bildet die bekannteste der sieben »elementaren Katastrophen« ab, die durch eine Potentialfunktion der Form $V = 1/4x^4 - ax - 1/2bx^2$ beschrieben wird, wobei die geschwungene Oberfläche die Gleichgewichtszustände darstellt, die ein System dieses Typs in Abhängigkeit von den Werten der Kontrollparameter a und b einnehmen kann. Die Verhaltensoberfläche repräsentiert jedoch nicht die Gesamtheit möglicher Systemzustände, sondern lediglich die 'langsame' (adaptive) Makrodynamik des Systems. Voraussetzungsgemäß unterliegt das System einem *Potential* und damit einer Dynamik, die die Minimierung (oder Maximierung) einer bestimmten Größe ('freie Energie', 'Nutzen' ect.) reguliert. Die Minima (bzw. Maxima) dieser Funktion bezeichnen Gleichgewichtszustände, in denen das System zur Ruhe kommt. Die Verhaltensoberfläche besitzt m.a.W. die Eigenschaften eines Attraktors: sie zieht benachbarte Punkte an. Die Menge der Gleichgewichtspunkte, und nur diese, nicht aber die 'schnelle' Mikrodynamik der Annäherung an den Attraktor, bringt das *cusp*-Modell zu Gesicht, wird durch die Ableitung der angegebenen Potentialfunktion nach x gewonnen: $B = x^3 - a - bx = 0$.

der Kontrollparameter entsprechen t'_{1a} bzw. t'_{1b} im Verhaltensraum. Je nach der relativen Ausprägung der Kontrollparameter findet sich das System auf verschiedenen Verhaltensniveaus ein.

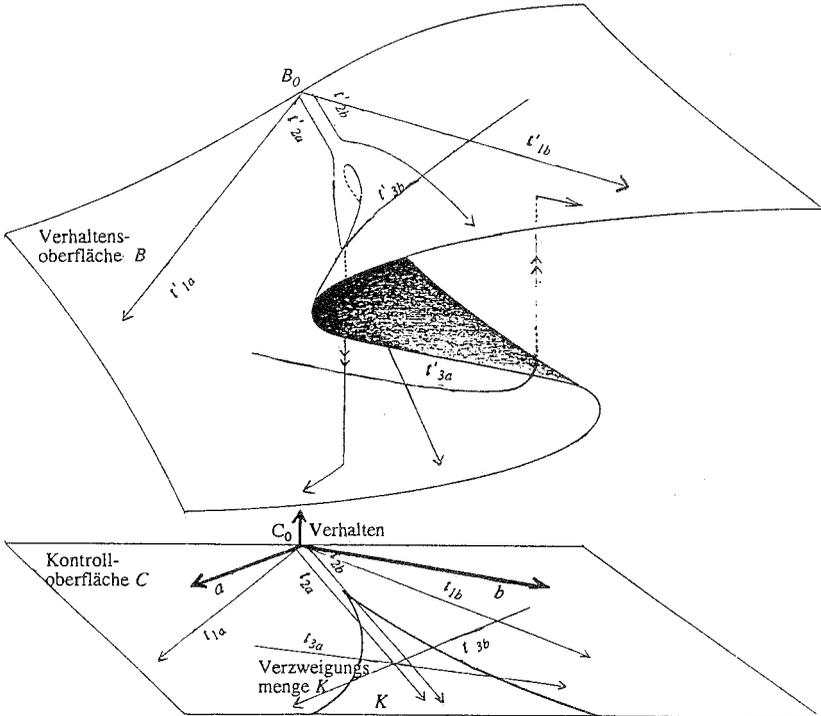


Abbildung 1: Graphik einer »Cusp«-Katastrophe

(b) Im Bereich der »Falte« von B stehen dagegen drei, ein instabiler (bei Störungen verschwindender) und zwei stabile Zustände offen. Die Region der Falte wird daher *Bereich bimodalen Verhaltens* genannt.

(c) Wenn sich zwei, von eng beieinander liegenden Stellen in der Nähe des Nullpunkts C_0 ausgehende Pfade t_{2a} und t_{2b} parallel auf die Verzweigungsmenge zubewegen, zeigen t'_{2a} und t'_{2b} auf der Verhaltensebene ein *divergierendes Verhalten*, indem t'_{2a} auf das untere, t'_{2b} auf das obere Niveau gelangt: kleine anfängliche Unterschiede zeitigen im Verlauf der Systementwicklung große Wirkungen.

(d) *Katastrophen* treten ein, wenn eine Bahn auf der Kontrolloberfläche die Verzweigungsmenge durchquert. Der Eintritt von t_{3b} in K zieht eine

kontinuierliche Reaktion auf B nach sich; dort wo t_{3b} K jedoch wieder verläßt, springt die Trajektorie t'_{3b} auf B von der oberen zur unteren Lage über: kontinuierlich verschobene Parameterwerte schlagen in diskontinuierliche Veränderungen des Systemverhaltens um.

(e) Der Verlauf einer katastrophischen Entwicklung ist *nicht reversibel*. Durchläuft man einen zu t'_{3b} gegenläufigen Pfad von Parameterwerten, dann springt das System gleichwohl nicht am Ort der »Abwärtskatastrophe« auf die obere Fläche zurück; t'_{3a} hat seine Diskontinuität an anderer Stelle: die Katastrophe ereignet sich nicht in der Mitte der Verzweigungsmenge, sondern 'verzögert'. Der Ort eines Entwicklungsbruchs entscheidet sich danach, ob sich eine Trajektorie von links oder von rechts der Bifurkationsmenge K nähert, das heißt, nach den vorangegangenen Bewegungen im Parameterraum: die Lage einer Katastrophe, hängt ab von der bisher durchlaufenen 'Geschichte' des Systems, von seiner *Hysterese*.

Eine auf diese fünf Eigenschaften zugeschnittene Systemanalyse bezieht die Dynamik nichtlinearer Systeme auf deren interne Struktur sowie auf die Veränderung seiner externen Parameter. Das zentrale Theorem der »elementaren Katastrophentheorie« behauptete, daß jede diskontinuierliche Reaktion auf nicht mehr als vier kontinuierlich variierte Parameter nach genau sieben allgemeinen, in sich stabilen Modellen klassifizierbar sei. Mit der Subsumtion unter eines dieser Modelle wären nichtlineare Vorgänge der bezeichneten Art erklärt.

3. Die *Theorie des deterministischen Chaos* beschränkt sich nicht auf das Repertoire strukturstabiler Modelle, sondern untersucht die »Bifurkationen« nichtlinearer rekursiver Systeme in Abhängigkeit von veränderlichen Parameterwerte, die auch hier für den Einfluß der Umwelt auf das untersuchte System stehen. Dabei ist sie insbesondere an den »katastrophischen« Übergängen von Fixpunkten in periodische Bewegungen, an den Verdoppelungen solcher Perioden sowie am Verlust jeder regulären Bewegungsform interessiert. Die überraschenden Entdeckungen dieser mathematischen Theorie bestanden darin, daß selbst einfache nichtlinear rückgekoppelte Systeme ein komplexes Spektrum von Lösungen aufweisen.¹⁸ Die interne Dynamik und die externen Parameter spielen dabei auf komplexe Weise zusammen.

Ein »Chaos« tritt bei Systemen dieser Art ein, wenn der äußere Parameter einen kritischen Wert überschreitet, jenseits dessen das System weder ein

18 Ein rekursives System ist dadurch gekennzeichnet, daß sein Zustand zur Zeit t als Funktion des unmittelbar vorangegangenen Zustands $t-1$ dargestellt wird. Das komplizierte Lösungsverhalten nichtlinearer rekursiver Systeme folgt nicht aus ihrer »Rekursivität«, sondern aus dem Typ der verwendeten Funktion.

Fixpunkt, noch ein zyklisches Lösungsmuster besitzt, sondern einen »chaotischen Attraktor«, das heißt eine unendliche Bewegung ohne wiederkehrendes Muster durchläuft. Im Einflußbereich eines solchen Attraktors führen geringfügig differierende Ausgangswerte zu exponentiell divergierenden Pfaden. Irreguläre Erscheinungen, die nach traditioneller Sichtweise äußeren Störungen zugerechnet wurden, entspringen der internen Dynamik des System. Die Sensibilität gegenüber den Anfangswerten setzt der Prognostizierbarkeit solcher Pfade enge, wenn nicht gar prinzipielle Grenzen. Wenn die Parameter eine weitere Grenze überschreiten, kann ein weiteres Phänomen auftreten: bei einer geeigneten »Kooperation« zwischen System und Umwelt kann ein neues periodisches Muster, eine »Ordnung aus dem Chaos« entstehen.¹⁹

4. Die sozialwissenschaftliche Heuristik der Neuen Systemtheorie

Die Herausforderung der Neuen Systemtheorie an das Selbstverständnis sozialwissenschaftlicher Aufklärung liegt auf der Hand. Die Instabilität gegenüber Anfangsbedingungen, »katastrophenhafte« Entwicklungsbrüche und Bereiche bimodalen Verhaltens sowie die Möglichkeit »chaotischer« Fluktuationen schränken die Prognostizierbarkeit nichtlinearer Prozesse empfindlich ein. Damit aber wird die sozialtechnologische Rationalität der traditionellen Systemanalyse und das ihr assoziierte normative Programm eines wissenschaftlichen Humanismus geschwächt: »There may still be Utopian social planners that dream of eliminating conflict and tension in some ideally structured future society, but most of us are prepared to accept conflict as part of the human condition and to work on ways to minimize it locally without hope of eliminating it« (Suppes 1985, 188). Im Unterschied zur lokalen Strategie der Katastrophentheorie bestehen die Anhänger einer »autopoietischen« Selbstorganisation auf radikaler Enthaltsamkeit, was Voraussicht und politische Eingriffe in die »spontane Selbstorganisation« von Gesellschaft angeht: »Es gibt keinen schnelleren Weg, Auswirkungen von Handlungen zu erkennen, als sie zu erleben« (Krohn/Küppers 1989, 80).

Wie das zunächst negative Resultat der neuen Systemtheorie theoretisch umzusetzen wäre, bleibt angesichts der oben skizzierten Sachverhalte ebenso vieldeutig wie die unter ihrem Namen versammelten Ansätze.

19 Auf solche »Kooperationen« stützt sich ganz wesentlich Prigogines *Theorie dissipativer Systeme*. Weitere Besonderheiten chaotischen Verhaltens und exemplarische Modelle, auf die ich hier nicht weiter eingehen kann, werden in diesem Heft von Raúl Rojas beschrieben.

Wenn die mathematischen Methoden der neuen Ansätze nicht lediglich, »abstrakt metaphorisch« (May 1976, 459) verwendet oder umstandslos zu Eigenschaften der Realität reifiziert werden sollen - was häufig genug geschieht -, bedarf es zusätzlicher Überlegungen, die auf charakteristische Probleme führen. Sozialwissenschaftlich gewendet implizieren die verschiedenen Formen von Stabilität unterschiedliche Auffassungen von sozialer Organisation, und ich werde im folgenden das konservative Stabilitätskonzept und die handlungstheoretische Sterilität der »Autopoiesis« der chaos- und katastrophen-theoretischen Heuristik gegenüberstellen.

1. Die autopoietische Kontemplation der Gesellschaft

Den ersten Versuch, die Botschaft der »neuen Wissenschaften« in eine allgemeine soziologische Theorie umzusetzen, wurde von Niklas Luhmann vorgelegt; der »Paradigmawechsel in der Allgemeinen Systemtheorie« wird seit Luhmann Option für dieses Programm weithin mit der Theorie der »Autopoiesis« gleichgesetzt.

a. Die ersten Erfahrungen mit einer Theorie der Selbstreproduktion sozialer Systeme, die dem »autopoietischen« Identitätskriterium genügt, liegen allerdings einige Jahre zurück und haben zu wenig ermutigenden Ergebnissen geführt. Bereits in den späten 50er Jahren hatte Gerard Debreu das von Varela zur Definition von Autopoiesis verwendete Fixpunktheorem zur Bestimmung des optimalen Gleichgewichts einer dezentralen Ökonomie relativ zu einem Preissystems herangezogen und damit eine Abkehr von den formalen Methoden der klassischen Systemanalyse eingeleitet, die als Revolution innerhalb der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie eingeschätzt wurde (Debreu 1958, hier 26). Ein Preisgleichgewicht wird dieser Auffassung zufolge als Fixpunkt der iterierten Transformation einer Menge von Preisen auf sich selbst dargestellt. Die Grenzen dieser Konstruktion, sobald sie als Modell einer realen Ökonomie aufgefaßt wird, waren ihrem Autor durchaus bekannt und sind hier nur soweit interessant, wie sie einen Schatten auf die autopoietische Soziologie vorauswerfen. *A priori* gegeben sind die Gesamtheit der in einer Ökonomie verfügbaren Ressourcen, die Präferenzen und die Verteilung der Eigentumstitel (unter die Konsumenten, die die Produzenten kontrollieren); die Zukunft ist vollständig in den gegenwärtigen Preisen präsent, die Dynamik ist durch die Vorgabe elementarer Zeitintervalle von gleicher Länge weitgehend fixiert. Das vorgeschlagene Preissystem erlaubt keine unvollständigen Märkte, keine multiplen Gleichgewichte, es läßt keine Thematisierung

von Koalitionen und ökonomisch verankerten Machtverhältnissen zu und bietet keine Ansatzpunkte für die politische Regulationen.²⁰ Konsequenz

b. Man wird unter diesen Voraussetzungen fragen, auf welchem Weg die autopoietische Idee gleichwohl Eingang in die Gesellschaftstheorie gefunden und welche Spuren sie dort hinterlassen hat. Es fällt nicht schwer, ihre Affinität zu Luhmanns Soziologie selbstreflexiver Systeme zu erkennen. Für Luhmann stand seit längerem fest, daß funktional ausdifferenzierte moderne Gesellschaften ihre evolutionären Vorteile mit gewissen Verselbstständigungseffekten der ausdifferenzierten Institutionen zu zahlen haben - daß etwa »das Risiko übernommen werden (muß), daß die Probleme, die das politische System löst, nicht die Probleme der Gesellschaft sind« (Luhmann 1972, 224).

Die allgemeine Theorie autopoietischer Systeme eignet sich in der Tat, diese in Luhmanns Augen irreversible Problematik zu präzisieren, indem sie die konzeptuellen Mittel für einen Gesellschaftsbegriff an die Hand gibt, der mit dem Gedanken einer kybernetischen Steuerung von Gesellschaft bricht und jede auf Transzendenz setzende Kritik auf die radikale Immanenz der »Selbsterzeugung« und »Selbstreproduktion« sozialer Systeme verweist. Gesellschaft, definiert als ein geschlossenes System von Kommunikationen durch Kommunikationen, ist dieser Auffassung zufolge durch einen zweifachen Filter vor kausalen Einwirkungen der Umwelt abgeschirmt. Zum ersten verlaufe die Reproduktion sozialer Systeme allein nach Maßgabe systeminterner Operationen: ein System bestimme die Grenzen zu seiner Umwelt »selbst«, die ihm dann nur noch höchst selektiv zugänglich sei. Die Gesellschaft als Ganze habe sich durch evolutionär vorteilhafte Symbolisierungen von ihren natürlichen Voraussetzungen und ihrem Substrat - sei dies die biologische Unversehrtheit, seien dies die Bedürfnisse konkreter Menschen - emanzipiert. Soziale Systeme thematisieren »ihre« Umwelten, indem sie an ihren eigenen »Letztelementen«, d.h. Kommunikationen, zwischen den Aspekten der Information (über die Umwelt) und der Mitteilung (zur autopoietischen Regeneration) nach eigenen Gesichtspunkten unterscheiden. »Die primäre Zielsetzung autopoietischer Systeme ist immer die Fortsetzung der Autopoiesis ohne Rücksicht auf Umwelt« (Luhmann 1986, 38).

Zum zweiten seien die funktional ausdifferenzierten Teilsysteme der Gesellschaft durch je eigene »Medien« und deren »binäre Codes« gegeneinander abgekapselt und so gegen lenkende Eingriffe aus der innergesellschaftlichen Umwelt abgeschirmt. Dies gebe den jeweilig zuständigen

20 Diese und andere immanente Mängel, die aus den formalen Restriktionen des verwendeten Modells resultieren, hat Hahn 1981 zusammengefaßt.

Codes »eine formale, universelle, und vollständige Kompetenz für alle Themen, die, aus welchen Gründen immer, in den Funktionsbereich eingesteuert werden« (Luhmann 1979, 212). Das ökonomische Teilsystem etwa, das Luhmann über einen in sich geschlossenen Kreislauf von Zahlungen definiert, reagiere ausschließlich auf die »Sprache des Geldes« und »verweise« lediglich auf Arbeit, Bedürfnisse und Ressourcen. Die Autonomie der Politik reproduziere sich über die staatlichen Ämtern innewohnende Macht, kollektiv bindende Entscheidungen durchzusetzen. Kein Teilsystem könne noch aus seiner funktionsspezifischen Sicht eine allgemein verbindliche Perspektive für die Gesellschaft im ganzen beanspruchen. Nach innen zu »immenser, unkontrollierbarer Eigenkomplexität aufgebläht« (Luhmann 1986, 208), folgen die Teilsysteme keinen übergreifenden Zielen und Präferenzen, verzichten auf verlässliches Wissen über ihre Umgebung und eine Garantie für integrierbare Gesamtlösungen. Die daraus resultierenden Risiken seien zugleich die Erfolgsbedingungen der Moderne: »The result is our society« (Luhmann 1986b, 183).

c. Das 'sehr viel komplexere Design' dieser Theorie ist allgemein bekannt, und ich kann mich auf die Folgelasten beschränken, die die autopoietische Fixierung auf die Innenansicht von Systemen in der Soziologie nach sich zieht: Zum einen führt die Abwesenheit einer echten Dynamik zu handlungstheoretischen Leerstellen, in die Luhmann das »'Selbst' der Selbstreferenz« einsetzt (Luhmann 1984, 622). Zum anderen blendet das konservative Stabilitätskonzept der Autopoiesis wesentliche Probleme der gegenwärtigen Gesellschaften per definitionem aus, so daß eine Wiederbelebung der Soziologie von dieser Seite kaum zu erwarten ist.

Der Verzicht auf eine handlungstheoretische Vermittlung sozialer Prozesse trifft sich mit Luhmanns tiefsitzender Idiosynkrasie gegen eine stets in Anführungszeichen gesetzte kritische Theorie und eine »vom exaltierten Standpunkt des Subjekts« aus formulierte Politik. Nicht »alteuropäische Individuen«, so wird versichert, das »System selbst« handele, indem es die Verantwortung für Kommunikationen gewissen Akteuren »zurechne«. Der neusoziologische Jargon überträgt die konkreten Personen entzogenen Attribute des Handelns auf ein mythisches Systemssubjekt: die 'Autopoiese' »reflektiert«, »springt« mittels einer hausgemachten Erkenntnistheorie über die Regeln der Logik hinweg und »erfindet machtvolle Mechanismen«, um Konflikte und Widersprüche in Mittel der Integration umzubiegen (Luhmann 1986b, 180ff.). Ist das als »Abstraktionsleistung« ausgegebene intellektuelle Opfer erbracht, die Übertragung menschlicher Eigenschaften auf »Systeme«, stellt sich ein 'Plausibilitätsge Gewinn' ein: die

Anthropomorphisierung systemtheoretischer Kategorien zählen zu den wirksamsten Identifikationsmechanismen mit dieser Theorie.

Eine dynamische Theorie kommt freilich ohne reale Akteure nicht zustande. Die Zeitlosigkeit und Stabilität der Autopoiesis vorausgesetzt, fällt es zwar leicht, von einer Instabilität, Unruhe und Dynamik auf der Ebene ihrer Elemente zu reden. Die angekündigte »radikale Verzeitlichung« der Elementaroperationen bedeutet gleichwohl nichts anderes als die Eliminierung von Dauer; ihre »Dynamisierung« läuft auf die klassische Entfernung von Zeit durch Infinitesimalisierung hinaus: auf die Reduktion von Zeit auf unendlich kurze Momente einer endlos dahinfließenden Autopoiesis. Eine sozial strukturierte Zeit kommt nicht zustande - was aus systemtheoretisch internen Gründen allerdings nicht überrascht.

Anders als die konkurrierenden Ansätze zu einer neuen Systemtheorie blendet die Theorie der Autopoiesis die dynamischen Interferenzen zwischen den ausdifferenzierten Teilsystemen systematisch ab, indem sie geeignete Werte für die Parameter ihrer Systeme (»geeignete historische Kontingenzen«) umstandslos voraussetzt. Grund dieses eingeschränkten Blickwinkels liegt bei Luhmann darin, daß er Selbstreferenz als Identitätsformel verwendet: die moderne Gesellschaft habe in der Ausdifferenzierung geschlossen operierender Teilsysteme ihre nichthintergehbare Einheit gefunden.²¹ Diese evolutionstheoretische Behauptung schließt unliebsame Kritikvarianten aus. Einwände gegen das gestörte Naturverhältnis des industriellen Kapitalismus scheinen nur soweit zulässig, wie die vorgefundene Organisation von Ökonomie und Politik sowie ihre wechselseitige »Ausdifferenzierung« unberührt bleibt.

Diese Immunisierung erfordert einen hohen terminologischen Aufwand (»Interpenetration« , »Einheit von Selbstreferenz und Fremdreferenz«, ...), ohne der Interaktion von Ökonomie und Politik und der daraus resultierenden Dynamik näher zu kommen. Die Vorstellung einer informationell geschlossenen Wirtschaft folgt dem Dogma einer »reinen«, allein über die Zahlung von Geld als »Codierung« von Knappheit vermittelten Ökonomie, die Bedürfnisse, Arbeit und natürliche Ressourcen in ihrer Umwelt lokalisiert - und verliert damit den Anschluß an die fortgeschrittene ökonomische Theoriebildung. Denn hier hat sich zum einen die Einsicht durchgesetzt, daß ein informationstheoretischer Preisbegriff in mehrfacher Hinsicht inadäquat ist; zum anderen, daß Preisinformationen zur Beschreibung ökonomischer Vorgänge selbst im engsten Sinn nicht hinreichen: »agents know too little when they only know prices.«²²

21 Luhmann 1986, 202 - um vor diesem Hintergrund alles in »Differenz« aufzulösen.

22 Arrow 1973, 139ff.; hier Hahn 1984, 16; für weitere Eigenheiten von Luhmanns Geldtheorie s. Ganßmann 1986.

Die Bedeutung nichtmonetärer Informationen für die Funktion von Märkten läßt sich ebensowenig in außerökonomische Rahmenbedingungen abschieben wie die externen Effekte der Ökonomie auf die innergesellschaftliche Umwelt (um diesen Terminus für einen Augenblick zu benutzen). Externe Dysökonomien sind intrinsische Produkte »selbstorganisierter« Märkte, die als Folgekosten in andere Bereiche abgewälzt werden und gerade daher politische, d.h. subsystemübergreifende Interventionen erfordern (Hahn 1984, 16). Eine per definitionem auf »Selbstorganisation« setzende Soziologie kann den daraus erwachsenden Regulierungsbedarf nicht mehr thematisieren. Wenn Luhmann darauf verzichtet, spezifische Systemzustände oder Ziele auszuzeichnen, dann nicht aus moralischer Dezenz, sondern weil ihm keine theoretisch sinnvollen Aussagen mehr möglich sind: weil die autopoietische Wirtschaftssoziologie weit hinter den soziologischen Einsichten der aufgeklärten neoklassischen Ökonomie zurückbleibt - mit deprimierenden Konsequenzen.

Das autopoietische Stabilitätskonzept führt in Luhmanns Händen zu einem verarmten Gesellschaftsbegriff, der trotz aller »sinnwissenschaftlichen« Distanzierungsversuche in die (Über-)Lebensmetaphorik der biologischen Autopoiesis zurückfällt. Die »Totalität der Möglichkeiten«, die autopoietischen Systemen offensteht, reduziert sich auf eine deprimierende Alternative: »To be or not to be. (..) They continue or discontinue their autopoiesis like living systems or die. There are no third possibilities« (Luhmann 1986b, 184 u. 176). Autopoiesis ist das Konzept einer selbstlaufenden Gesellschaftlichkeit, das im schleichenden Übergang zu »unserer Gesellschaft« auf eine radikale Teilnehmerperspektive verpflichtet. Es protokolliert die Verselbständigung politischer und ökonomischer Institutionen, ohne die Möglichkeit drastischer Rückschläge auf ihr 'Substrat' noch problematisieren zu wollen: »That the physical destruction of the possibility of communication has become possible and that this destruction can be intended and produced by communication, is another question« (Luhmann 1986b, 189).

d. Andere, kritische Verwendungen des Autopoiesiskonzepts sind möglich: als ideologiekritisches Maß der »Eigenideologie« demokratischer Kontrolle entzogener Institutionen. Karl Deutsch hat die Effekte sich selbst abschließender Systeme vor längerem untersucht und die darin vorgeprogrammierten Fehlschläge bloßgelegt. Die Überbewertung innerer Routinierungen, die Dominanz der Gegenwart über die Zukunft und die zirkuläre Geschlossenheit von Entscheidungsstrukturen sind demzufolge Warnzeichen riskanter Pathologien. Autopoietische Illusionen finden an der harten Realität 'historischer Kontingenzen' ihr Ende: »Autonomous

systems may thus tend to imprison themselves in an invisible rut of their own making (...) with a serious danger of eventual self-induced stagnation or of partial or total self-destruction.«²³ - Die theoretische Umsetzung dieser Einsicht verlangt allerdings, die durch »angemessene« Parameter ausgeschaltete Dynamik der Umwelteinflüsse zu thematisieren, und dies führt über die schmalen Inseln der »Autopoiesis« in Regionen, denen die Chaos- und Katastrophentheorie angemessener scheinen.

2. »Chaos« und »Wege zur Turbulenz«

Die sozialwissenschaftliche Anwendung chaostheoretischer Modelle konzentriert sich auf die Bereiche, in denen die Irrelevanz einer spontanen Selbstorganisation nach autopoietischem Muster offensichtlich ist. Im Umkreis der »aufgeklärten Neoklassik« - anders als in der neokonservativen wirtschaftspolitischen Praxis - wurden seit den späten 70er Jahren vielfältige Ausfallerscheinungen des »Marktmechanismus« thematisiert.²⁴ Asymmetrisch verteilte Informationen, externe Dysökonomien, positionelle Güter, unvollständige Zukunftsmärkte, finanzielle Instabilitäten und Markt rigiditäten verschiedener Art sind zum Inventar fortgeschrittener Diskussionen geworden. Andererseits sind Konkurrenzgleichgewichte selbst unter idealen Bedingungen nicht notwendig stabil. Diese und andere Beobachtungen haben dazu geführt, die neoklassische Dichotomie zwischen »reinen«, machtneutralen Konkurrenzvorgängen einerseits, sowie externen Präferenzen, Anfangsausstattungen und staatlichen Ordnungsleistungen andererseits zugunsten komplexerer Modelle aufzugeben, in denen ökonomische, politische und soziale Größen in dynamische Beziehungen eintreten.²⁵ Der theoretische Ausgang solcher in der Regel selbst noch auf der Ebene abstrakter Modelle vorgetragener Überlegungen läßt sich nicht allgemein beurteilen. Sicher ist nur, daß die klassischen Eigenschaften des Gleichgewichts und seine wohlfahrtsökonomische Auszeichnung verloren gehen - allgemeiner gesprochen: daß eine »Sozialwissenschaft jenseits des Gleichgewichtspfads« (Bühl) ins Haus steht, die auf Fluktuationen, Turbulenzen und »seltsame Attraktoren« eingestellt ist.

Eine Interpretation der genannten Anomalien in chaostheoretischen Modellen ist gleichwohl nicht selbstevident. Zwar lassen sich mit einfachen nichtlinearen Gleichungen ungewohnte dynamische Verläufe produzieren. Die immer wieder präsentierten und bunt bebilderten Computerexperi-

23 Deutsch 1963, Kapitel 13; hier 224 u. 228.

24 Einen Überblick gibt Semmler 1991.

25 Siehe z. B. Bowles/Gintis 1990.

mente sind jedoch zunächst nichts anderes als Ereignisse im Bereich der reinen Mathematik. Die von »theoretischen Biologien« vorgelegten Simulationen, in der Regel auf wenige Variablen und fiktive Umweltbedingungen beschränkt, sind nicht weniger artifiziell als sozialwissenschaftliche Laborversuche und ebenso riskant zu interpretieren (May 1976, 466).

Um weitverbreiteten Mißverständnissen entgegenzuwirken (denen die Popularität der »Chaostheorie« freilich nicht wenig verdankt), sei darauf hingewiesen, daß nichtlineare dynamische Systeme keineswegs »regellos« und »unberechenbar« sind, so daß jede unerklärte Erscheinung unter sie subsumiert werden könnte. Der von Li und York eingeführte Begriff des »Chaos« ist allen reifizierenden Redeweisen entgegen keine Eigenschaft der Realität, sondern bezeichnet einen Verhaltensausschnitt bestimmter mathematischer Gleichungssysteme unter präzise umrissenen Bedingungen, wobei die Nichtlinearität der Funktionen notwendig, aber nicht hinreichend ist. Wenn für nichtlineare Gleichungen auch keine allgemeinen Lösungsverfahren existieren, sind für viele Gleichungen dieses Typs gleichwohl charakteristische Größen aufgezeigt worden. Die »Universalitätstheorie« hat für viele Klassen dieser Systeme universale und quantitativ bestimmbare »Wege zur Turbulenz« und »Szenarien« aufgezeigt, die sich sehr wohl in eine konditionale Form bringen lassen.²⁶ Für die Parameterbewegungen, deren Verlauf Folgen von Bifurkationen auslöst, sind Konstanten entdeckt worden; zur Charakterisierung der Divergenz benachbarter Pfade stehen verschiedene Exponenten zur Verfügung; die quasistochastische Erscheinung des »Chaos« wird durch neudefinierte Informationsmaße beschrieben. All dies führt nicht in das »Newtonische Paradies« zurück (in dem es übrigens auch nur mit Gottes helfender Hand harmonisch zuring), wohl aber zu neuartigen Stabilitäts- und Ordnungsbegriffen wie Skaleninvarianz und Selbstähnlichkeit.

Genau hier aber liegen die Probleme, die einer sozialwissenschaftlichen Anwendung der »Chaostheorie« und verwandter Modelle entgegenstehen: wie könnte eine soziologisch sinnvolle Interpretation dieser Begriffe aussehen? Gerade weil die »Chaostheorie« im Unterschied zu den magischen Formeln der Autopoiesis einen kontrollierten Umgang mit unzweideutigen Gleichungen erfordert, steigen die Anforderungen an die Begriffsbildung in ungeahnte Höhen. Spätestens hier zeigt sich der signifikante Unterschied zwischen einer mathematischen und realwissenschaftlichen

26 »The statement of a scenario always takes the form 'if... then...', i.e., if certain things happen to the attractor as the parameter is varied, then certain other things are likely to happen as the parameter is varied further«, heißt es bei beispielsweise bei Eckmann 1981, 97. Für eine knappe historische Skizze der Entdeckung der »Universalität« s. Feigenbaum 1980, 68f.; s. auch Cvitanovic 1984, 10ff.

Theorie: »The theory is completely general, but it cannot describe its domain of applicability« (Eckmann 1981, 97). Das gilt für die theoretische Begründung der jeweils herangezogenen Szenarien: sowohl die ausgewählten Variablen und Parameter als auch die angenommene Struktur des Systems erfordern eine explizite Begründung. Das gilt ebenso für die empirische Belegung der Variablen und Parameter, und dies geht nicht ohne Rekurs auf die 'positivistischen' Standardmethoden der Parameterschätzung und empirischen Identifikation. Die naturwissenschaftliche Anwendung nichtlinearer Modelle etwa auf die Morphogenese biologischer Makromoleküle erfordert, worauf Manfred Eigen rechtzeitig hingewiesen hat, keine »neue Physik«, sondern neuartige Anwendungen bekannter Theorien (Eigen 1971, 470 u. 516). Da die Sozialwissenschaften über keinen vergleichbaren Korpus von Gesetzen verfügen, erschöpfen sich ihre Analogien mit einer gewissen Regelmäßigkeit in geräuschvollen Terminologien, wie der eines »Hyperzyklus des Rechts«.

Auch der entgegengesetzte Weg, die statistische Aufbereitung empirischer Daten, führt hier kaum weiter. Die hauptsächlich von der empirischen Konjunkturforschung vorgeschlagene Interpretation von Zeitreihendaten mithilfe nichtlinearer Modelle steht vor einem nicht geringeren Problem als die metaphorische Überdehnung naturwissenschaftlicher Modelle in der systemtheoretischen Soziologie. Weniger häufig beachtet als Poincarés Beitrag zum Dreikörperproblem wird ein anderer Hinweis desselben Autors: für jede endliche Menge von Werten lassen sich unendlich viele Funktionen anführen, die diesen Werten genügen. Daß heißt nun aber, daß sich aus keinem Satz ökonomischer Daten eine ökonomische Theorie ableiten läßt, sofern nicht anderweitig begründete *constraints* vorliegen. In dieser Hinsicht geht es nichtlinearen Modellen nicht besser als der traditionellen statistischen Kurvenanpassung. Sie stellen bestenfalls, wie es in einer vorsichtig sympathisierenden Arbeit heißt, »einen bescheidenen Schritt im Erkenntnisprozeß wirtschaftlicher Entwicklung dar« (Lorenz 1990, 204ff.).

Das mag schließlich damit zusammenhängen, daß die sozialwissenschaftliche Heuristik der »Chaostheorie« schon aus formalen Gründen auf prinzipielle Grenzen stößt. Anders als vielfach angenommen, sind ihre Modelle nicht weniger deterministisch als die der klassischen Mechanik. »Rekursivität« heißt nichts anderes als Berechenbarkeit nach einem feststehenden Algorithmus. Die Struktur eines solchen Bildungsgesetzes schreibt die Dynamik, das einmal gewählte Intervall der Rekursion schreibt die Zeiteinheit eines Systems für die gesamte Systemgeschichte fest. Die von der Theorie dissipativer Systeme angebotene Irreversibilität ist die einer sozialwissenschaftlich kaum attraktiven, biologisch determinierten Zeit.

3. »Katastrophen« und die Antagonismen der Morphogenese

Der Vorzug der Katastrophentheorie gegenüber der Interpretationsvielfalt herkömmlicher mathematischer Modellen lag in der programmatischen Überzeugung, daß Wissenschaft in der Eingrenzung der Willkür von Beschreibungen besteht. Dieser Anspruch lief darauf hinaus, mithilfe einer Theorie der Analogie aus einer begrenzten Anzahl qualitativer mehrdimensionaler Modelle eine allgemeine Theorie der Entstehung und Zerstörung von Formen abzuleiten. Formen und Formationen besitzen dieser Idee zufolge nicht die zeitlosen Eigenschaften platonischer Objekte, sondern sind dem irreduziblen Konflikt widerstreitender Kräfte, dem fortwährenden Bruch von Symmetrien ausgesetzt. Die Dynamik von Formen ereigne sich im Durchschreiten »katastrophischer« Bereiche, wobei die oben vorgestellten »Katastrophen« mehrdimensionale Analoga zu den Minima, Maxima und kritischen Werten traditioneller Modelle darstellen. Voraussetzungsgemäß sind die Systeme, die durch eine katastrophische Dynamik gekennzeichnet sind, strukturell stabil: jedes in der Nähe eines Modells liegende Objekt läßt sich in ein Modell der ersten Art überführen. Daraus ergäbe sich, so die weitergehende Erwartung, eine verlockende Perspektive. Die an sieben elementaren Modellen aufgezeigten Eigenschaften sollten das Vokabular definieren, das zur Sprache einer generalisierten Katastrophentheorie mit beliebig vielen Dimensionen zu entfalten wäre.

Die *Catastrophe-Controversy*, eines der aufschlußreichsten Kapitel der jüngeren Wissenschaftsgeschichte, ist insofern von exemplarischer Bedeutung, als in ihr eine »neue Wissenschaft«, die als größte Entdeckung seit Newtons *Principia* inszeniert wurde, und führende Vertreter der etablierten Mathematik aneinandergeraten sind.²⁷ Im Verlauf dieser Kontroverse wurden die wissenschaftstheoretischen Grenzen dieses Entwurfs schonungslos offengelegt: in mathematischer Hinsicht besitzt strukturelle Stabilität nicht die behauptete Universalität - was durch die strukturinstabilen Attraktoren chaostheoretischer Modelle sinnfällig geworden ist. Die Klassifikation der elementaren Katastrophen war unvollständig; eine generalisierte Theorie ist nicht in Sicht. Realwissenschaftlich interpretiert waren zahlreiche Anwendungen »*ad hoc window dressing*« (R. May), wobei auch hier das allen formalen Modellen gemeinsame Problem nicht zu umgehen war: »when confronted with two distinct models (M_1), (M_2) for the same morphology the mathematics, by itself, would not give enough to decide between them« (Thom 1974, 633). Schließlich ist die Katastro-

27 Guckenheimer 1978; Smale 1978; vgl. Fn. 31.

phentheorie keine globale, sondern eine lokale Theorie und gibt als solche keinen Überblick über den Gesamtverlauf einer Dynamik.

Nun hatte Thom selbst auf den spekulativen Charakter seines Entwurfs hingewiesen, darauf, daß er nicht als »Theorie im herkömmlichen Sinn«, sondern als eine formal disziplinierte Einführung in die »Kunst der qualitativen Modellbildung« zu verstehen sei. In ihrer diskontinuistischen Heuristik, derzufolge kontinuierliche Veränderungen in Entwicklungsbrüche umschlagen können, lag nicht zuletzt ihre sozialwissenschaftliche Attraktion: »It is tempting to see the history of nations as a sequence of catastrophes between metabolic forms; what better example is there of a generalized catastrophe than the disintegration of a great empire, .. !«²⁸ Theoretische Anknüpfungspunkte und aktuelle Assoziationen liegen auf der Hand. Marx und Weber war bekannt, daß in den zentralen gesellschaftlichen Verhältnissen der Herrschaft und Produktion Widersprüche angelegt sind, in denen sich integrative wie desintegrative Tendenzen überlagern. Eine darauf zugeschnittene katastrophentheoretische Perspektive setzt Intuitionen frei, wie widersprüchliche Prozesse und konfligierende Formprinzipien gleichwohl konsistent zu durchdenken wären.

Die konkreten Eigenschaften dieser Heuristik auch für weniger epochale Prozesse lassen sich aus der im letzten Teil abgebildeten Graphik ablesen. Zum ersten liegt eine differenziertere Betrachtung von Gleichgewichtslagen nahe, die dadurch ihre (implizite) normative Auszeichnung verlieren. Da in Abhängigkeit von den eingeschlagenen Pfaden qualitativ verschiedene Gleichgewichte für dieselben Parameterwerte auftreten können, erfordert jede Wertkombination eine explizite Erörterung hinsichtlich der zugänglichen Alternativen. Zustände, die in der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie als Anomalien gelten - geschlechtsspezifisch oder ethnisch gespaltene Arbeitsmärkte oder ein »Unterbeschäftigungsgleichgewicht« - können so explizit thematisiert werden.²⁹ Zum zweiten wird eine Dynamik von Kompromissen sichtbar, die in der funktionalistischen Institutionentheorie nicht vorgesehen ist: gegensätzliche Interessen werden nicht in einen normativen Konsens aufgelöst, sondern bestimmen allenfalls die Bedingungen, unter denen sich Institutionen bis auf weiteres reproduzieren. Parsons' *first law of social process*, das einmal etablierten Strukturen eine nicht eigens erklärungsbedürftige Beharrungskraft einräumte, wird außer Kraft gesetzt.

28 Thom 1972, 320. Detaillierte Untersuchungen zum sozialwissenschaftlichen Potential der Katastrophentheorie haben Isnard/Zeeman 1975 und Fararo 1978 vorgelegt.

29 Mensch u.a. 1980 haben zur Erklärung der Innovationsdynamik der BRD-Industrie und des Mitte der 70er Jahre zu verzeichnenden *switchs* in ein »Unterbeschäftigungsgleichgewicht« ein katastrophentheoretisches Modell verwendet.

Eine weitere handlungstheoretische Abstraktion, die Fiktion gleich einflußreicher Akteure, weicht einem machttheoretisch angereicherten Handlungsbegriff. Die Chancen, »eine Differenz zu bewirken« und die Souveränität über die Reichweite von Handlungsfolgen, sind in der Realität sehr ungleich verteilt, was am *Cusp*-Modell verdeutlicht werden kann. Offenbar ist an den kritischen Grenzen, wo kleine Veränderungen große Wirkungen zeitigen, wo die Chance besteht, durch lokale Strategien die Morphogenese neuer Formen einzuleiten, Handlungsmacht konzentriert. Andererseits ist die Ohnmacht individuellen Handelns eine wohlbekanntere Erfahrung. Dieses Souveränitätsgefälle zwischen Entscheidungen in strategischen Positionen und individuellen Alltagshandlungen erfordert eine Heuristik, die - im scharfen Kontrast zum autopoietischen Modell - Handlungsfähigkeit zur kritischen Variable erhebt und so nach möglichen Handlungsgewinnen gegenüber der Macht undurchschaubarer Verhältnisse fragt. - Was immer man dieser Heuristik zutraut, sie kann eine materiale Theorie nicht ersetzen: »the dynamical properties of the substrate must be well understood« (Thom 1972, 321). Und dies führt zur gemeinsamen Problematik der jüngeren systemtheoretischen Ansätze zurück.

5. Naturalistische Metaphern und soziale Kosmologie

Die »neuen Wissenschaften« und ihre systemtheoretische Präsentation zerfallen bei näherer Betrachtung in mehrere Dimensionen. Schon von der Ausgangslage her kann man kaum von einem einheitlichen Paradigma sprechen. Die Theorie der dynamischen Systeme faßt verschiedene, seit den 60er Jahren neu belebte mathematische Forschungszweige zusammen, deren naturwissenschaftliche Relevanz mit großer Vorsicht und erst nach geraumer Zeit behauptet wurde. »Autopoiesis« ist dagegen kein naturwissenschaftlicher Begriff, sondern reformuliert die seit der Jahrhundertwende geläufige spekulative Biologie der organismischen Selbstleistungen (»Auto-Ergasien«)³⁰ im zeitgemäßen Jargon der Computer Science. Die Theorie dissipativer Systeme, des Hyperzyklus und der Synergetik bieten eng umrissene biochemische und physikalische Modelle zur universellen 'Generalisierung' an - und unterscheiden sich darin wenig von der von Weber an prominenten Naturwissenschaftlern seiner Zeit beobachteten »ganz allgemeine(n) Gepflogenheit« der »Umstülpung des 'Weltbildes' einer Disziplin in eine 'Weltanschauung'« (Weber 1909, 401).

30 »Wie sehen wir die Natur und wie sieht sie sich selber?« lautete die programmatische Frage Jakob v. Uexkuells. Zu dem Umfeld dieser »in erkenntnistheoretischer Hinsicht sehr merkwürdigen Diskussion« s. Cassirer 1950, 6. Kapitel, hier 196.

Wenn Naturwissenschaftler ihre Modelle auf die »Kommunikation zwischen Molekülen«, auf Insektenschwärme und Börsenkurse anwenden oder die »Erfolgsgeheimnisse der Natur« zur Nachahmung empfehlen, mag das, in Webers Worten, als »naives Banausentum« durchgehen. Das Verhältnis mancher Richtungen der gegenwärtigen Soziologie zu den »neuen Wissenschaften« wirft dagegen die Frage auf, wieviel Naivität nach weiteren achtzig Jahren wissenschaftssoziologischer Erfahrung noch zulässig ist. Weniger autoritär auf die journalistischen Nebenprodukte von Nobelpreisträgern fixiert, hätte man feststellen können, daß der großen Welle der 'Verallgemeinerung' einige wissenschaftssoziologisch sehr aufschlußreiche Diskussionen vorausgegangen sind. Im Kontext der *Catastrophe-Controversy* wurde das Muster und die terminologische Strategie solcher 'Generalisierungen' exemplarisch herausgearbeitet.³¹ Selbst in einer nach vergleichsweise strikten Kriterien operierenden Wissenschaft wie der Mathematik hat diese Kontroverse nahezu ein Jahrzehnt in Anspruch genommen und die Gemüter in einer zuvor nicht gekannten Weise erhitzt. Insofern ist es nicht ganz überraschend, daß die Autopoiesisformel in den von ganz anderen Regeln beherrschten Sozialwissenschaften als »neueste Forschung« lanciert werden konnte, obwohl sie in der Biologie keine Rolle spielt³² und selbst innerhalb der *Society for General Systems Research* marginal geblieben ist.³³ Umsichtigere Anhänger einer Theorie der Selbstorganisation betonen denn auch, »daß die neue Disziplin nicht etwa auf fundamentalen neuentdeckten Gesetzen beruht, sondern eher auf einer konsequenten Anwendung bekannter physikalischer Gesetze« (Ebeling 1989, 17). Angesichts dieses ernüchternden Sachverhalts konstituieren die zwischen den Wissenschaften zirkulierenden Metaphern und ihre anthropomorphe Aufladung weniger einen »Paradigmawechsel« als einen Tatbestand, der wissenschaftstheoretischer und -soziologischer Analysen bedarf.

31 s. bes. Kolata 1977, Sussmann/Zahler 1978, Guckenheimer 1978 sowie die in *Nature* Vol. 270, 1 u. 22/29 Dec. 1977, abgedruckten Wortmeldungen.

32 Was Eingeweihten freilich als Beweis ihrer noch unverstandenen, revolutionären Botschaft gilt: s. Roth 1986, 256.

33 Ein typisches Produkt sektenhafter Abschließung ist das redaktionelle Verfahren, nach dem Milan Zeleny die Beiträge zu einer der »Autopoiesis« gewidmeten Konferenz der *Society for General Systems Research* bearbeitet hat. Sich selbst als Anwalt des Lesers einsetzend (Zeleny ed. 1981, 3), wird jeder Einspruch, der nicht auf die Prämissen der Autopoiesis eingeschworen ist, mit einer charakteristischen Phrase als »Popperian Question« abqualifiziert: »Some of the questions are clearly irrelevant because they are being asked within the framework of a different and nonintersecting paradigm...« (ebd. 140). Dies sollte die Verkündungen von Maturana und Varela insbesondere gegen die unnachgiebige Kritik von Brian Gaines (1977), dem damaligen Präsidenten der *Society*, abschirmen.

Da die Methoden der jüngeren systemtheoretischen Ansätze aus den oben ausgeführten Gründen nicht im strikten Sinn in die Sozialwissenschaften übertragbar sind, wird man sich am ehesten auf ihr heuristisches Potential einigen. Ihre positive Funktion kann in einer Gegeninstanz zu dem fehlgeleiteten Erklärungsidealen eines »natürlichen Systems« bestehen, die die analytische Sozialwissenschaft so lange blockiert haben. Der Rekurs auf die »neuen Wissenschaften« kippt allerdings in eine erneute Naturalisierung gesellschaftlicher Verhältnisse zurück, wenn er im Namen einer neuen Einheit der Wissenschaft historische, kulturelle und soziale Sachverhalte unter naturwissenschaftliche Metaphern subsumiert.³⁴

Spätestens hier zeigt sich, daß eine Heuristik keine beliebig dehnbare Eigenschaft ist. In ein »Weltbild« transformiert, werden die »neuen Wissenschaften« zu sozialen Kosmologien, die theoretische wie praktische Einstellungen vermitteln. Sozialwissenschaftlich interpretiert, wie zu sehen war, besitzen die sehr unterschiedlichen Stabilitätsbegriffe der neuen Systemtheorie gegensätzliche normative Konnotationen und divergierende handlungstheoretische Implikationen.³⁵ In diese Perspektive gerückt, verwundert es nicht, daß die Auswahl zwischen den neuen »Weltbildern« durch außertheoretische, soziale Anschauungen vorgeprägt ist. Der Metaphernkreislauf zwischen autopoietischer Naturphilosophie und autopoietischer Sozialwissenschaft ist im wahrsten Sinn zirkulär. Ein heuristisches *surplus* war schon deshalb nicht zu erwarten, weil »Autopoiesis« ein in die Natur hinein verlegtes soziales Modell auf die Gesellschaft rückprojiziert: »Adam Smith in the *The Wealth of Nations* discovered the concept of autopoiesis in the 'invisible hand'«. ³⁶

Die Anwendungen der »Chaostheorie« beschränken sich einstweilen auf statistische Extrapolationen und kommen dem recht nahe, was Imre Lakatos »computerisierte Sozialastrologie« nannte; für die Periodenverdopplungen und Feigenbaums Konstanten sind keine sozialwissenschaftlich sinnvollen Interpretationen in Sicht. Zynische Beobachter spielen mit der »optimistischen« Idee, daß das Chaos des osteuropäischen Zusammenbruchs nach einem anarchistischen Zwischenspiel »wie in der Physik« in eine neue Ordnung übergehen werde.³⁷ Die regressive Utopie eines »kreativen Chaos« mag in therapeutischen Gruppen ihren Ort haben. Die sozialhistorische Realität des Chaos war und ist weit eher der Terror anar-

34 Ein, wie Hohlfeld u. a. 1986 am Beispiel von Prigogine gezeigt haben, eher traditionelles Motiv.

35 Ein Umstand, der bei v. Beyme 1991 den berechtigten Verdacht weckt, »daß kein sehr stringentes Modell vorliegt.«

36 Boulding 1981, XII.

37 So André Laysen in der *Zeit* vom 1. November 1991.

chistischer Banden. Wohl auch im stillen Wissen darum bleibt der nach dem reinigenden Durchgang durchs »Chaos«, nach der großen »Fort-schrittsverzweigung« oder dem »Hyperepochen-Bruch« zu erwartende Zu-stand in aller Regel höchst unbestimmt.

Gegenüber dem Weltformelbedürfnis vieler Jünger der Chaostheorie läßt sich deren kritischer Impuls gegen konservative Vorstellungen von Gleichgewicht und Stabilität wohl eher innerhalb der von der Katastrophen- theorie vorgezeichneten Heuristik verarbeiten. Politische Auseinan- dersetzen und soziale Antagonismen bewegen sich nicht zwischen un- strukturierten Abgründen, sondern sind in der Topologie gesellschaftlicher Kräfte lokalisiert. Die Form katastrophentheoretischer Modelle kann die Wahrnehmung für mehrdimensionale Konflikte, innergesellschaftliche Widersprüche, für Alternativen, Ambivalenzen und Kompromiße, für in- stabile und klassenspezifisch wirksame Gleichgewichte schärfen. Auch mag eine »fluktuierende Autorität« die besten Chancen für eine jedem ihrer Mitglieder zuträgliche Gesellschaft bieten.³⁸ Eine Theorie wird aus dieser Heuristik erst in dem Maß hervorgehen, wie sie auf eine hinrei- chend entwickelte Theorie gesellschaftlicher Formationen bezogen ist. Praktische Perspektiven wird sie erst dann eröffnen, wenn sich die von Marramao ins Auge gefaßte Morphogenese einer »neuen Historie« hand- lungstheoretisch spezifizieren läßt. - Soll die Aufmerksamkeit für die »neuen Wissenschaften« mehr als eine zeitraubende Affaire sein, dann wird die Sozialwissenschaft allerdings die geborgte Autorität 'neuester wissenschaftlicher Forschungen' ablegen, ihre eigene Sprache und ihren eigenen Problemhorizont wiederfinden müssen.

Literatur

- Arnol'd, V. I. 1986: *Catastrophe Theory*, 2nd. rev. ed., Berlin.
- Arrow, Kenneth J. 1973: Information and Economic Behavior, in *The Economics of Infor- mation*, Cambridge, Mass., 1984.
- Ashby, W. Ross 1952: *Design for a Brain*. 2nd. ed., London 1978.
- Ashby, W. Ross 1956: *Einführung in die Kybernetik*, Ffm 1974.
- Bertalanffy, Ludwig v. 1968: *General System Theory*, London.
- Beyme, Klaus v. 1991: Ein Paradigmawandel aus dem Geist der Naturwissenschaft: Die Theorien der Selbststeuerung von Systemen, *Journal für Sozialforschung*, Jg. 31, Nr. 1.
- Boulding, Kenneth 1955: In Defense of Statics, *Collected Papers*, Vol. 1, Boulder 1971.
- Boulding, Kenneth 1982: Foreword, in Zeleny (ed.) 1981.
- Bühl, Walter 1989: Sozialwissenschaften jenseits des Gleichgewichtspfades, *Soziale Welt*, Jg. 40, No. 1/2, 97-110.
- Cassirer, Ernst 1950: *Das Erkenntnisproblem*, Bd. IV., Hildesheim 1973.
- Cvitanovic, Pedrag (ed.) 1984: *Universality in Chaos*, Bristol.

- de Vroey, Michel 1991: Der Markt - von wegen einfach..., *Prokla* 82, Jg. 21, Nr. 1, 7-22.
- Debreu, Gerard 1958: *Theory of Value*, New York.
- Deutsch, Karl 1963: *The Nerves of Government*, New York.
- Easton, David 1956: Limits of the Equilibrium Model in Social Research, in *Behavioral Science*, Vol. 1, 96-104.
- Ebeling, Werner 1989: *Chaos, Ordnung und Information*, Berlin.
- Eckmann, J.-P. 1981: Roads to turbulence in dissipative dynamical systems, in Cvitanovic.
- Eigen, Manfred 1971: Selforganization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules, *Die Naturwissenschaften*, Jg. 58., H 10, 465-523.
- Fararo, Thomas 1978: Introduction to Catastrophes, *Behavioral Science*, Vol. 23, 291-317.
- Farjoun, Emmanuel/Machover, Moshe 1983: *Laws of Chaos. A Probabilistic Approach to Political Economy*, London.
- Fleck, L. 1935: *Entstehung und Entdeckung einer wissenschaftlichen Tatsache*, Ffm 1978.
- Gaines, Brian 1981: Autopoiesis: Some Questions, in Zeleny, Milan (ed.) 1981.
- Gaßmann, Heiner 1986: Geld - Ein symbolisch generalisiertes Medium der Kommunikation? Zur Geldlehre in der neueren Soziologie, *Prokla*, Jg. 16, Nr. 2, 6-22.
- Gleick, James 1988: *Chaos. Making a New Science*, London 1988.
- Gramsci, Antonio 1929-36: *Philosophie der Praxis*, Ffm 1967.
- Guckenheimer, John 1978: The Catastrophe Controversy, *Math. Intelligencer* Vol.1, 15-20
- Hahn, Frank 1981: General Equilibrium Theory, in *Equilibrium and Macroeconomics*, Oxford 1984.
- Hohlfeld, R./Inheteven, R./Kötter, R./Müller, E.: 1986: Der Wissenschaftler und die Natur - Ein Dialog?, in Altner, Günter (Hg.) 1986: *Die Welt als offenes System*, Ffm.
- Isnard, C.A./Zeeman E.C. 1976: Some Models from Catastrophe Theory in the Social Sciences, in Zeeman 1977.
- Jantsch, Erich 1981: Autopoiesis: A Central Aspect of Dissipative Self-Organization, in Zeleny (ed.) 1981.
- Jetschke, Gottfried 1989: *Mathematik der Selbstorganisation*, Berlin.
- Jevons, Stanley W. 1871: *The Theory of Political Economy*, London 1970.
- Kolata, Gina Bari 1977: Catastrophe Theory: The Emperor Has No Clothes, *Science*, 15 April 1977, 287ff.
- Krohn, Wolfgang/Küppers, Günter 1989: Rekursives Durcheinander, *Kursbuch* 89, 69-81.
- Kuhn, Thomas 1974: Neue Überlegungen zum Begriff des Paradigma, in *Die Entdeckung des Neuen*, Ffm 1977.
- Laudan, Larry 1977: *Progress and its Problems*, Berkley.
- Lorenz, Hans-Walter 1990: Wirtschaftliche Entwicklung, Determinismus und komplexes Systemverhalten, *Ökonomie und Gesellschaft*, Jahrbuch 8, Ffm.
- Loye, David/Eisler Riane 1987: Chaos and Transformation: Implications of Nonequilibrium Theory for Social Science and Society, *Behavioral Science*, Vol. 32, 53-65.
- Luhmann 1972: Politikbegriffe und die 'Politisierung' der Planung, in *Demokratie und Verwaltung*, Berlin.
- Luhmann, Niklas 1979: Identitätsgebrauch in selbstsubstitutiven Ordnungen, besonders Gesellschaften, in *Soziologische Aufklärung* 3, Opladen 1981.
- Luhmann, Niklas 1984: *Soziale Systeme*, Ffm.
- Luhmann, Niklas 1986: *Ökologische Kommunikation*, Opladen.
- Luhmann, Niklas 1986b: The Autopoiesis of Social Systems, in Geyer, F./Zouwen, J.v.d. (eds.) *Sociocybernetic Paradoxes*, Beverly Hills.
- Marramao, Giacomo 1983: *Macht und Säkularisierung. Die Kategorie der Zeit*, Ffm 1989.
- Maturana, Humberto 1978: Kognition, in Schmidt, S.J. (Hg.) 1987.
- Maturana, Humberto 1980: Autopoiesis: Reproduction, Heredity and Evolution, in Zeleny, (ed.) 1980: *Autopoiesis, Dissipative Structures, and Spontaneous Social Orders*, Boulder, Col.
- Maturana, Humberto 1985: Biologie der Sozialität, in Schmidt, S.J. (Hg.) 1987.
- May, Robert 1976: Simple mathematical models with very complicated dynamics, *Nature*, Vol. 261, June 10, 1976, 459-67.

- McKenzie, Lionel W. 1986: General Equilibrium, in *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Vol. 2, 498-512.
- Mensch, Gerhard et.al. 1980: Innovation Trends, and Switching between Full- and Under-Employment Equilibria 1950-1978, *discussion paper* 80-5, Wissenschaftszentrum Berlin.
- Mirowski, Philip 1991: Die Bedeutung eines Dollars (in diesem Heft).
- Morgenstern, Oskar 1950: Die Theorie der Spiele und des wirtschaftlichen Verhaltens, *Jahrbuch für Sozialwissenschaft*, Bd. 1, 113-139.
- Nagel, Ernest 1961: *The Structure of Science*, London 1974.
- Parsons, Talcott 1937: *The Structure of Social Action*, Glencoe, Ill. 1949.
- Parsons, Talcott 1951: *The Social System*, London 1974.
- Parsons, Talcott 1966: *Gesellschaften*, Ffm. 1976.
- Parsons/Bales/Shils 1953: *Working Papers in the Theory of Action*, New York 1953.
- Prigogine, Ilya 1981: *Vom Sein zum Werden*, München.
- Prigogine, I. 1986: Nachbemerkung zu Altner (Hg.) 1986: *Die Welt als offenes System*, Ffm.
- Prigogine, Ilya 1989: The Philosophy of Instability, *Futures*, Vol. 21, No. 4, 396-400.
- Prigogine, Ilya/Stengers, Isabelle 1979: *Dialog mit der Natur*, 5. Aufl. 1986, München.
- Rapoport, Anatol 1986: *General System Theory*, Cambridge/Mass.,.
- Roth, Gerhard 1987: Autopoiese und Kognition, Schmidt S.J. (Hg.) 1987: *Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus*, Ffm. 1987.
- Semmler, Willi 1991: Marktformige und nicht-marktformige Regulierung, *Prokla* 82, Jg. 21, Nr. 1, 23-34.
- Shubik, Martin 1977: The General Equilibrium Model is Incomplete and not Adequate for the Reconciliation of Micro and Macroeconomic Theory, *Kyklos*, Vol. 28, 545-573.
- Sloterdijk, Peter 1991: Wirklichkeit des Verschwindens, *Du*, Nr. 11, Nov. 1991, 46-48.
- Smale, Steve 1978: Review of Zeemann, in *The Mathematics of Time*, New York 1980.
- Suppes, Patrick 1985: Explaining the Unpredictable, *Erkenntnis*, Vol. 22, 187-195.
- Sussmann, Héctor/Zahler Raphael 1978: Catastrophe Theory as Applied to the Social and Biological Sciences: A Critique, *Synthese* Vol. 37, 117-216.
- Thom, René 1972: *Structural Stability and Morphogenesis*, Reading, Mass. 1975.
- Thom, René 1974: Answer to Zeemans Reply, in Zeeman 1977.
- Toulmin, Stephen 1953: *Philosophie der Wissenschaft*, Göttingen 1975.
- Toulmin, Stephen 1961: *Voraussicht und Verstehen*, Ffm. 1968.
- Varela, Francisco 1981: Autonomic and Autopoiesis, in Schmidt, S.J. (Hg.) 1987.
- Varela, Francisco 1982: Biologie der Freiheit, *Psychologie heute*, September 1982, 82-93.
- Weber, Max 1909: 'Energetische' Kulturtheorien, in *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*, 4. Aufl., Tübingen 1973.
- Weber, Max 1922: *Wirtschaft und Gesellschaft*, 5. Aufl., Tübingen, 1975.
- Woodcock, Alexander/Davis, Monte 1978: *Catastrophe Theory*, London 1988.
- Zeeman, Christopher 1976: Catastrophe Theory, *Scientific American* Vol. 234, 65-83.
- Zeeman, Christopher 1977: *Catastrophe Theory. Selected Papers 1972-77*, Reading, Mass.
- Zeleny, Milan (ed.) 1981: *Autopoiesis: A Theory of the Living Organization*, New York.