

# **Komplexitätstheorie:**

## Neues Paradigma für die Managementforschung?

Peter Kappelhoff

August 2001

Bevor ich erleuchtet wurde, waren die Flüsse Flüsse und die Berge Berge. Als ich den Weg der Erleuchtung beschritt, waren die Flüsse keine Flüsse und die Berge keine Berge mehr. Jetzt, da ich erleuchtet bin, sind die Flüsse wieder Flüsse und die Berge wieder Berge.

(Zitat eines Zen-Meisters; nach Fromm 1981, S. 151)

## 1. Einleitung

Die Komplexitätstheorie (KT) beschäftigt sich mit dem Verhalten komplexer adaptiver Systeme und den Möglichkeiten der Steuerung dieses Verhaltens. Insoweit, als Organisationen als komplexe adaptive Systeme (KAS) verstanden werden können, hat die KT also unmittelbare Bedeutung für die Organisations- und Managementtheorie (Kap. 4). Aber gerade diese „Anwendbarkeit“ von Einsichten der KT auf Managementprobleme steht zur Diskussion. Sind die Ergebnisse einer sich an naturwissenschaftlichen Problemen und Denkstilen orientierenden Wissenschaft überhaupt auf sozialwissenschaftliche Problemstellungen übertragbar, wie dies die Vertreter der dritten Kultur als selbstverständlich voraussetzen? Können menschliche Sozialsysteme und speziell Organisationen überhaupt sinnvoll als KAS modelliert werden?

Auch wenn man, wie z.B. McKelvey und auch der Autor, diese Frage vor dem Hintergrund eines naturalistischen Wissenschaftsverständnisses grundsätzlich bejaht, bleibt zunächst offen, ob die Erkenntnisse der KT über die Emergenz von Ordnung und Evolutionsfähigkeit am Rand des Chaos nicht viel zu abstrakt sind, um konkrete Anstöße für die Managementforschung geben zu können. Die Modelle der KT sind zunächst lediglich partielle Modelle, deren konstitutiven Konzepte im neuen Theoriekontext respezifiziert und operationalisiert werden müssen, um eine Anwendung zu ermöglichen. Je nach der spezifischen Art dieser Übertragungs- und Interpretationsleistung kann man grundsätzlich zwischen einer quasi-naturalistischen und einer interpretativen Variante der Anwendung komplexitätstheoretischer Modelle in der Managementforschung unterscheiden (Kap. 5).

Darüber hinaus muss grundsätzlich gefragt werden, ob die Ebene steuernder Komplexität, wie sie in den aktuellen Modellen der KT erreicht wird, überhaupt komplex genug ist, um planvolles Verhalten vor dem Hintergrund einer sinnhaft interpretierten Welt in die Reichweite der Modellierungskapazität zu bekommen. Gerade die zureichende Komplexität der komplexitätstheoretischen Modelle steht also in Frage. Selbst wenn man die enormen Fortschritte der Forschung in den Bereichen künstliches Leben (KL), künstliche Intelligenz (KI) und künstliche Gesellschaften (KG) in Rechnung stellt, kann eine Antwort auf diese Frage nur skeptisch ausfallen. Gerade wer sich wie der Autor neue Einsichten von der Anwendung komplexitätstheoretischer Modelle in der Organisations- und Managementforschung verspricht, muss sich grundsätzlich mit dem Problem der Emergenz

einer neuen, sinnhaften Ebene der Steuerung und der damit verbundenen Frage nach den Besonderheiten der kulturellen im Vergleich zur biologischen Evolution auseinandersetzen. Dass bedeutet, dass aus sozialwissenschaftlicher Perspektive eine naturalistische Sicht gleichzeitig auch emergentistisch sein muss. Die zentrale These dieser Arbeit ist also, dass die Frage nach der Anwendbarkeit der KT nur dann sozialtheoretisch befriedigend beantwortet werden kann, wenn das Problem der Emergenz ernst genommen und die analytisch-reduktionistische Betrachtung um eine systemisch-emergentistische ergänzt wird (Kap. 6).

Schaut man sich komplexitätstheoretisch inspirierte Neuerscheinungen auf dem Gebiet der Managementratgeber an, so ist allerdings von einer auch nur ansatzweisen Reflexion dieser Fragen kaum etwas zu merken. Bezeichnet man mit Komplexitätsmanagement den weiten Bereich von „Anwendungen“ komplexitätstheoretischer Überlegungen auf Problemstellungen des strategischen Managements, so zeigen die Arbeiten zum Komplexitätsmanagement vielmehr alle Anzeichen einer Managementmode (vgl. Kieser 1996). Diese Managementmode gedeiht insbesondere in der zweiten Hälfte der 90er Jahre in den USA, also in einer außergewöhnlichen wirtschaftlichen Boomphase, die vor allem von den neuen Märkten getragen wird. Das damit verbundene geistige Klima ist grundsätzlich wissenschaftsfreundlich und wird aus einem breiten Strom naturwissenschaftlich inspirierter Weltdeutungen gespeist (Kap. 2).

Es kann mit guten Gründen bezweifelt werden, dass sich dieser Trend im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrtausends ungebrochen fortsetzen wird. Allerdings hat die Herausforderung und gleichzeitige Förderung sozialwissenschaftlicher Theoriebildung durch naturwissenschaftliche Vorbilder historisch betrachtet durchaus eine lange Tradition. Mit der Entwicklung einer neuen naturwissenschaftlichen Weltsicht, die hier in der Einleitung nur plakativ durch die Stichworte Kybernetik zweiter Ordnung, dissipative Strukturen, Synergetik, Autopoiesis, Katastrophentheorie, Chaostheorie und schließlich auch Komplexitätstheorie gekennzeichnet werden kann, und die durch parallele Entwicklungen im Bereich der Lebens- und Computerwissenschaften ergänzt wird (vgl. Kelly 1999), wird diese Tradition aufgegriffen und programmatisch zur Herausforderung der dritten Kultur (vgl. Brockman 1996) verdichtet. Damit ist der Versuch gemeint, die Trennung in zwei Kulturen (Snow 1959) von der naturwissenschaftlichen Seite her zu überwinden (Kap. 3).

Die Faszination, mit der die Sozial- und Kulturwissenschaften diese Entwicklung schon seit längerer Zeit verfolgen, hat inzwischen auch die postmoderne Philosophie erreicht (vgl. Cilliers 1998). Grundlegende Analysen der naturalistischen Herausforderung aus sozialtheoretischer Sicht fehlen bisher allerdings weitgehend. In dieser Arbeit soll daher der Versuch unternommen werden, zunächst die angedeuteten Entwicklungstendenzen nachzuzeichnen und ihre Gründe zu untersuchen. Auf dieser Grundlage soll dann eine sozialtheoretisch fundierte Antwort auf diese Herausforderung gefunden werden, die die Einsichten der KT aufhebt – und zwar im vollen Hegelschen Sinne. Dazu wird das Konzept eines metasozziologischen Modells entwickelt, das für sich beansprucht, die KT aus naturalistisch-emergentistischer Sicht für die Sozialwissenschaften anschlussfähig zu machen. Daraus ergeben sich weitreichende Konsequenzen für eine sozialtheoretisch fundierte Managementforschung.

## 2. Komplexitätsmanagement als Modeerscheinung

„The Complexity Advantage: How the Science of Complexity Can Help Your Business Achieve Peak Performance“, so lautet der Titel eines populären Managementratgebers von Kelly und Allison (1999), der die Liste der 34 Bücher zum Thema KT, Organisation und Management anführt, die im Heft 1(2) der 1999 neugegründeten Zeitschrift „Emergence: A Journal of Complexity Issues in Organizations and Management“ besprochen werden. Ihr Herausgeber ist Michael Lissack vom New England Complex Systems Institute. Die Zeitschrift wendet sich an Manager, Wissenschaftler und Berater und möchte ein Forum für Arbeiten eher qualitativer Art sein, die das Management von Organisationen aus der Sicht der KT, des interpretativen Ansatzes in der Organisationstheorie, der Psychologie, der Semiotik und der Kognitionswissenschaft betrachten (Lissack 1999, S. 3). Dementsprechend stellt Lissack die weltbildprägende Kraft der neuen Metaphern der KT in den Mittelpunkt seiner programmatischen Überlegungen. Die These ist, dass die Übernahme dieser neuen Weltsicht durchaus mit einem Gestaltwandel bzw. mit einem Paradigmawechsel im Sinne von Kuhn (1976) verglichen werden kann, die dem Manager neue Handlungs- und Gestaltungsalternativen erschließt.

Nach Qualitätszirkeln, Lean Production, Business Process Reengineering, Total Quality Management, evolutionärem Management, Wissensmanagement und der Betonung der lernenden Organisation und der Unternehmenskultur nun also der Quantensprung vom traditionellen zum Komplexitätsmanagement – von Stacey (1997) auch als revolutionäres Management bezeichnet. Das Grundmuster der Argumentation folgt dabei einem Schema, das von einer eher holzschnittartigen Gegenüberstellung von Newtonscher linearer und neuer nichtlinearer Wissenschaft ausgeht, wie sie generell aus der Literatur zum evolutionären Management oder auch von anderen Übertragungen systemtheoretischer Konzepte auf Organisations- und Managementprobleme vertraut ist.<sup>1</sup> Gerade in turbulenten Umwelten, die sich durch große Unsicherheit, Wettbewerbsintensität und rapiden technologischen Wandel auszeichnen, seien die traditionellen Managementstrategien, die auf Bürokratisierung,

---

<sup>1</sup> So übernimmt die St. Galler Schule des evolutionären Managements Denkfiguren der Kybernetik zweiter Ordnung und die Münchener Vorstellung der fortschrittsfähigen Organisation orientiert sich zumindest partiell am Konzept der Autopoiesis. Allerdings werden im deutschen Argumentationszusammenhang die aus den Naturwissenschaften übertragenen Ansätze sehr frei rezipiert und dadurch neutralisiert werden, dass sie in andere Theoriekontexte integriert werden. Dies gilt schon für die Übernahme des Autopoiesiskonzepts durch Luhmann; die St. Galler Schule orientiert sich primär an Hayeks Selbstorganisationssemantik und der Münchener Ansatz primär an der Theorie kommunikativer Rationalität von Habermas – beides Denktraditionen, die sich gegen die direkte Übernahme naturwissenschaftlicher Denkansätze sperren.

Hierarchisierung, Prognose und Kontrolle setzten, obsolet. Der Manager sei als Anreger und Katalysator gefordert, die Bedingungen zu schaffen, die den schöpferischen Umgang mit neuem Wissen ermöglichen, kreative Prozesse unterstützen und die dabei auftretenden Spannungen und Ängste abbauen. Dazu seien Empowerment, das Arbeiten in lose verbundenen Projektgruppen, Vertrauen und allgemein die Schaffung einer Unternehmenskultur erforderlich, die ihre Identität gerade darin findet, ständigem Wandel als Ideal verpflichtet zu sein.

Damit sind der Kern und die Stoßrichtung des Ansatzes aber nur unzureichend charakterisiert. Wird Komplexitätsmanagement derart mit dem vertrauten Vokabular neuerer Ansätze der Managementlehre beschrieben, drängt sich unmittelbar die Frage auf, was denn nun das eigentlich Neue sei. Auf eine Kurzformel gebracht lautet die Antwort: Chaos ist out, Komplexität ist in – statt kreativem Chaos (Peters 1988) nun Unternehmen am Rande des Chaos (Stacey 1997). Zerklüftete Fitnesslandschaften, Wettbewerb am Rande des Chaos (Kauffman 1995) und Strategie als strukturiertes Chaos (Beinhocker 1997, Brown/Eisenhardt 1998) sind weitere Metaphern des Komplexitätsmanagements. Diese Begriffe haben eine doppelte Funktion. Zunächst einmal dokumentieren sie die Kontinuität des komplexitätstheoretischen Ansatzes in der Tradition von System- und Evolutionstheorie. Gleichzeitig weisen sie aber auf eine neuartige theoretische und methodische Ausrichtung hin, die in dem Begriff des KAS ihren besten Ausdruck findet.

Wir werden auf das Konzept des KAS im folgenden ausführlich zurückkommen, so dass hier lediglich kurz auf die für das Komplexitätsmanagement weltbildrelevanten Aspekte eingegangen werden soll. KAS bestehen aus Agenten, die parallel operieren und regelgeleitet handeln. Das System als Ganzes ist einem Selektionsdruck ausgesetzt, dem es sich auf einer Fitnesslandschaft anpasst, die gleichzeitig durch andere KAS gestaltet wird. Dieser koevolutionäre Prozess beschreibt aus Sicht des KAS also keine rein passive Anpassung an eine gegebene Umwelt, sondern gleichzeitig die aktive Hervorbringung einer evolutionsfähigen Struktur, eben der Organisation am Rande des Chaos, und dadurch auch einer Veränderung der Fitnesslandschaft und eine Gestaltung der Umwelt. Insgesamt kann dieser Prozess als Koevolution von Unternehmen am Rande des Chaos verstanden werden, und zwar von Unternehmen, die sich selbst am Rande des Chaos bewegen.

Die eigentliche, und man ist fast schon geneigt zu sagen, die frohe Botschaft der KT ist die These von der Ordnung umsonst, von einer „quasi natürlichen“ Tendenz zur Selbstorganisation solcher koevolutionären Prozesse am Rande des Chaos. Bereits an anderer Stelle habe ich auf die religiösen Konnotationen dieses Weltbildes hingewiesen (Kappelhoff 2000a, S. 349), die von Kauffman, dem führenden Vertreter der KT, auch relativ ungeschützt formuliert werden (Kauffman 1996)<sup>2</sup>. Man fühlt sich in diesem Zusammenhang unwillkürlich an Smiths Metapher von der „unsichtbaren Hand“ und sein „System der natürlichen Freiheiten“ erinnert. Bereits hier sei angemerkt, dass sich die KT dem deutschen Rezipienten nur dann erschließt, wenn er diese Verwurzelung in der angelsächsischen kulturellen Tradition ständig als Hintergrundtext mitführt.

Dieser grundlegende Evolutionsoptimismus hat natürlich weitreichende Auswirkungen für das Komplexitätsmanagement. „The Unshackled Organization“, so der Titel eines Managementratgebers von Goldstein (1994)<sup>3</sup>, wird sich, so die zumindest implizit genährte Erwartung, als flexible und innovative und damit auch als maximal evolutionsfähige Struktur erweisen, wenn man sie nur von den Fesseln der hierarchischen Reglementierung befreit und flankierende Maßnahmen zur Spannungsbewältigung der Mitglieder ergreift. Schon daran kann man ein Paradox des Komplexitätsmanagements festmachen, das sich grundsätzlich bei allen am Selbstorganisationsparadigma orientierten Ansätzen findet: Einerseits ist Selbstorganisation etwas, was sich, wie das Wort schon sagt, von selbst einstellt. Andererseits müssen die Bedingungen für Selbstorganisation erst durch den Manager als Anreger, Facilitator, Katalysator, usw. geschaffen werden. Wie aber diese Verbindung von Selbst- und Fremdorganisation, sei es in der Form der Kontextsteuerung (Willke 1998) oder als innere Selbststeuerung durch den Manager in der Rolle des Anregers, theoretisch im einzelnen zu konzipieren ist, bleibt weitgehend ungeklärt – es sei denn, man externalisiert diese Eingriffe, indem man sie in die äußere bzw. innere Umwelt des Systems verlagert und damit theoriesystematisch letztlich nur als Zufallsschocks verarbeiten kann.

Damit sind grundlegende evolutionsphilosophische Probleme angesprochen, die allerdings direkte Konsequenzen für die Möglichkeit eines evolutionären Managements haben.

---

<sup>2</sup> Der Originaltitel „At Home in the Universe“ [1995] wurde in der deutschen Ausgabe der Piper-Verlags (1996) ohne Angabe von Gründen in den nichtssagenden Titel „Der Öltropfen im Wasser“ umgeändert. War dem Verlag die einfache Übersetzung „Im Universum zu Hause“ etwa zu peinlich?

<sup>3</sup> Allerdings orientiert sich Goldstein in seinem Buch über Organisationsentwicklung vor allem am Autopoiesiskonzept von Maturana und Varela (1987) und der Theorie der Selbstorganisation dissipativer Strukturen von Prigogine (1980).

Heutzutage braucht eigentlich nicht mehr ausdrücklich betont zu werden, dass sozialdarwinistische Schlussfolgerungen keine Grundlage im evolutionstheoretischen Verständnis der Welt haben. Das gleiche gilt aber auch für eine harmonistische Sicht, die schlicht Kooperationsbereitschaft und Vertrauen einfordert und den Rest der Selbstorganisation überlässt. Damit soll nicht behauptet werden, dass diese Karikatur eines komplexitätstheoretisch informierten Managements ausdrücklich in der Literatur vertreten wird. Generell fällt aber auf, dass die machtpolitische Seite der Organisation (vgl. etwa Morgan 1998, Kap. 6) in den populären Schriften zum Komplexitätsmanagement deutlich unterbelichtet ist. Interessenkonflikte und Auseinandersetzungen um Machtpositionen (vgl. z.B. Crozier/Friedberg 1979 und die Ausführungen zur Mikropolitik bei Ortman 1995) spielen in der angesprochenen Literatur eine untergeordnete Rolle.

Allerdings bleibt festzuhalten, dass die verschiedenen Varianten des Komplexitätsmanagements deutlich in ihrer Betonung vertrauensvoller Kooperation variieren. Vielleicht am weitesten gehen Kelly und Allison (1999), die unter der Überschrift „Thriving on Trust“ als Kern des Komplexitätsmanagements vier einfache Regeln kooperativer Interaktion<sup>4</sup> vorstellen. „Just as individual acts driven by competitive energy, mistrust, and fear can contribute to dysfunctional loops, acts fueled by trust, respect, and reciprocity help to create functional loops (1999, S. 65). Vertrauen, tiefe Verpflichtung, offenes Lernen und verantwortliche Interaktion werden als positive Feedbackprozesse interpretiert und in Form eines Hyperzyklus angeordnet. „These closed loops function in an open business system to achieve self-organized order – or, in the language of complexity science, bounded instability (rather than chaos or rigidity). They interconnect and reinforce each other – allowing functional behavior to emerge for effective competition in a complex and rapidly growing global market“ (1999, S. 78).

Die “dunkle” Seite der KT wird in der populären Managementliteratur kaum angesprochen und nicht systematisch thematisiert. Dabei hätte allein schon die Erinnerung an die Schumpetersche Metapher von der schöpferischen Zerstörung die theoretische Sensibilität für die Einsicht wecken müssen, dass Evolution generell auch Selektion bedeutet. Dies gilt erst recht für Systeme am Rande des Chaos, die sich in einem Zustand selbstorganisierter

---

<sup>4</sup> Die Regeln lauten: Exchange Collaborative Energy: Trust, Share Information: Open Learning, Align Choices: Deep Commitment, Coordinate Co-evolution: Responsible Interaction (Kelly/Allison 1999, S. 68ff). Nur als Kuriosität sei bemerkt, dass sich der Druckfehlerteufel in Form einer blinden (?) Variation gerade in diesem Zusammenhang unangenehm bemerkbar und aus „responsible interaction“ irresponsible interaction“ gemacht hat (1999 S.75).

Kritizität (Bak/Chen 1991) befinden, der neben globaler Stabilität auch Aussterbeereignisse nach dem Potenzgesetz impliziert (vgl. Kap. 4.2) – also allgemein für ökologische Systeme und insbesondere für Märkte unter den Bedingungen des Hyperwettbewerbs (D’Aveni 1994). Systeme am Rande des Chaos erhalten ihre globale Stabilität nämlich gerade dadurch, dass sich der ständig aufrecht erhaltene Selektionsdruck in kettenreaktionsförmigen Aussterbeereignissen entlädt. Der Umfang dieser Kettenreaktionen folgt einem Potenzgesetz und wird als Flackerrauschen bezeichnet – wie es z.B. auch für die Größenverteilung von Lawinen oder Erdbeben typisch ist. Die Kritizität des Hyperwettbewerbs bringt also immer die Gefahr unkalkulierbarer Marktdynamiken mit sich, und auch auf der Ebene des Unternehmens selbst kann die Einführung einer neuen Problemlösung für das „Unternehmen am Rande des Chaos“ letztlich unkalkulierbare Folgen haben. Selbstorganisierte Kritizität ist die immer präsente Kehrseite der „optimalen“ Innovations- und Evolutionsfähigkeit von KAS am Rande des Chaos.

Ein analytisches Verständnis von Evolution orientiert sich allein an dem Wechselspiel von blinder Variation und selektiver Reproduktion. Evolutionsoptimismus oder -pessimismus lässt sich aus diesem Mechanismus nicht ableiten. Die dafür erforderlichen Zusatzannahmen stammen stets aus anderen Theoriesträngen und haben durchweg ideologischen Charakter. Das Gleiche gilt vice versa auch für das Selbstorganisationsparadigma, das seinem analytischen Verständnis zufolge lediglich modellhaft die Bedingungen untersucht, unter denen Selbstorganisation möglich ist. Die Bedeutung der vielfältigen Simulationsexperimente der KT liegt, so eine der Hauptthesen dieser Arbeit, gerade darin, dass unter modellmäßig genau spezifizierten Bedingungen die Voraussetzungen für das Auftreten von Selbstorganisation am Rande des Chaos und insbesondere von Formen selbstorganisierter Kritizität angegeben werden können. Inwieweit diese Modelle im sozialwissenschaftlichen Kontext anwendbar sind, welche Randbedingungen erfüllt sein müssen und welche Konsequenzen sich daraus für die Organisations- und Managementforschung ergeben, welche Folgen also etwa ein Zustand selbstorganisierter Kritizität für ein Unternehmen hat und ob diese Folgen letztlich überhaupt wünschenswert sind, alle diese Fragen müssen zunächst sorgfältig theoretisch durchdacht und dann empirisch untersucht werden. Darüber hinaus gehende vorschnelle „Anwendungen“ und metaphorisch begründete Analogieschlüsse können lediglich eine gewisse, weitgehend dem wissenschaftlichen Prestige der zugrunde liegenden Modelle und darüber hinaus dem Zeitgeist geschuldete Plausibilität für sich in Anspruch nehmen.

Die Hochzeit der populären Literatur zum Thema Komplexitätsmanagement ist die zweite Hälfte der 90er Jahre. Bereits zu Beginn der 90er erscheint eine Vielzahl von Arbeiten zur KT.<sup>5</sup> In Konferenzbänden<sup>6</sup>, die heute zu den Standardwerken der evolutionären Ökonomik zählen, werden die Möglichkeiten der Anwendung der KT auf ökonomische Fragestellungen erkundet. Damit ist der Weg für komplexitätstheoretische Untersuchungen auch in der Organisations- und Managementforschung frei.<sup>7</sup> Frühe Anwendungen der KT auf Managementprobleme finden sich in den Arbeiten von Stacey (1995), Levinthal (1997) und McKelvey (1997). Es folgen Sonderhefte zur KT der Zeitschriften *Organization* (1998) und *Organization Science* (1999). Im gleichen Jahr erfolgt die bereits eingangs erwähnte Neugründung der Zeitschrift *Emergence*. Damit sind alle Bedingungen erfüllt, die Kieser (1996) als Kriterien für eine Organisations- und Managementmode aufzählt: Seminare, Kongresse und Zeitschriften bilden die Arena, in der Unternehmensberater, Praktiker und Professoren zur Herausbildung der Leitbilder des neuen Mythos beitragen. Als Akzelleratoren dienen dann vor allem Managementbestseller, die den Theorie-Praxis-Theorie-Zyklus vervollständigen – ganz im Sinne der Einsicht von Kirsch und Knyphausen-Aufseß (1988), die Managementlehre als eine Theorie charakterisieren, die über Praxis spricht, die sich auf eine Theorie beruft.

Es ist klar, dass bei dem Versuch, die Dynamik einer solchen Managementmode zu verstehen, nicht so sehr das rationale Argument in Vordergrund stehen kann. Vielmehr erzeugen die erzählten Erfolgsgeschichten einen Mythos, der mit ständig wiederholten Leitbildern, wie etwa KAS, Nichtlinearität, Emergenz, Selbstorganisation, Rand des Chaos, Unvorhersagbarkeit und Koevolution im Falle der KT, arbeitet, letztlich aber unvollständig und bewusst unscharf bleiben muss. Gerade dadurch gelingt es Mythen, sinnstiftend zu wirken und Angst durch Furcht, möglicherweise sogar durch Ehrfurcht, zu ersetzen, wie dies

---

<sup>5</sup> Zunächst sind zwei einschlägige populäre Bücher zu erwähnen, nämlich Waldrops „Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos“ ([1992]1993) und Lewins „Complexity: Life at the Edge of Chaos“ ([1992]1993). In rascher Folge erscheinen dann Kauffmans Hauptwerk zur KT „The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution“ (1993), Gell-Manns „The Quark and the Jaguar“ ([1994]1994), Kauffmans schon erwähnte populäre Darstellung „At Home in the Universe“ ([1995]1996) und Hollands „Hidden Order: How Adaption Builds Complexity“ (1995), in dem die Bedeutung genetischer Algorithmen und des ECHO-Simulationssystems für die KT dargestellt werden.

<sup>6</sup> Sie gehen auf Tagungen zurück, die ebenfalls am Santa Fe Institut stattgefunden haben und wurden als Konferenzbände unter dem Titel „The Economy as an Evolving Complex System“, der Band I herausgegeben von Anderson, Arrow und Pines (1988) und der Band II herausgegeben von Arthur, Durlauf und Lane (1997), veröffentlicht.

<sup>7</sup> Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass das *Strategic Management Journal* noch im Jahr 1996 ein Schwerpunktheft zum Thema evolutionäres Management, herausgegeben von Barnett und Burgelman (1996), veröffentlicht, in dem die KT so gut wie keine Erwähnung findet.

Blumenberg in seiner facettenreichen Untersuchung zur „Arbeit am Mythos“ herausstellt (Blumenberg 1984, S. 9 ff.). Der Absolutismus der Wirklichkeit muss durch einen Absolutismus der Bilder und Wünsche durchbrochen werden. In der dadurch eröffneten Möglichkeit zur Herrschaft und zur Suprematie des Subjekts liegt die Vernünftigkeit des Mythos. „Die Grenzlinie zwischen Mythos und Logos ist imaginär und macht es nicht zur erledigten Sache, nach dem Logos des Mythos im Abarbeiten des Absolutismus der Wirklichkeit zu fragen. Der Mythos selbst ist ein Stück hochkarätiger Arbeit des Logos“ (Blumenberg, 1984, S. 18).

Nur wer mit einem außerordentlich starken Glauben an die Möglichkeiten genuin rationalen Handelns ausgestattet ist, wird den in den rasch aufeinanderfolgenden Managementmoden zum Ausdruck kommenden Versuch mythischer Sinngebung und Selbstvergewisserung von Seiten des Managements als „Opfer des Intellekts“ kritisieren. Die so erzielte Handlungssicherheit verspricht zumindest für eine Zeit lang Entlastung von der Versagensangst, die die tägliche Konfrontation mit der unbeherrschbaren Komplexität ökonomischer Verflechtungen bei gleichzeitigem enormen Wettbewerbsdruck notwendig erzeugt. Dass aber „die Spannung zwischen der Wertsphäre der „Wissenschaft“ und der des religiösen Heils unüberbrückbar ist“, kann mit Weber (1988, S. 611) inzwischen als konstitutiv für die Wissenschaft angesehen werden. Wer „Wissenschaft als Beruf“ gewählt hat und sich damit den unmittelbaren Handlungsdruck der Praxis ein Stück weit entziehen kann, sollte sich daher der Gefahr von „Kathedersprophetien“ bewusst sein und Managementmoden eher zum Gegenstand kritischer Analysen machen als selbst an ihrer Ausgestaltung mitzuwirken.

Sucht man nach Gründen für die Eignung gerade der KT als Ursprungsmythos einer Managementmode, so stößt man unweigerlich auf den Zeitgeist der 90er Jahre. Die Erfolge der japanischen Wirtschaft gehören der Vergangenheit an und der japanische Managementmythos ist verblasst. Der Wettkampf der Systeme ist entschieden und der Glaube an die Selbstorganisationsfähigkeit des Marktes triumphiert. Die sich rasant entwickelnden modernen Informationstechnologien lösen in den USA einen langanhaltenden wirtschaftlichen Boom aus. Die dominanten Firmen des neuen Marktes sind modular organisiert, haben flache Hierarchien und an die Stelle starrer Regeln treten Organisationsformen, die Flexibilität und Kreativität ermöglichen sollen. Forschung und Entwicklung sind in kleinen Projektgruppen organisiert und die ständige Lern- und

Innovationsbereitschaft sind selbstverständliche Voraussetzungen, um dem Wettbewerbsdruck auf den sich rasant entwickelnden Märkten standhalten zu können.

In diesem historischen Kontext bietet die KT mit ihrer der Computersprache und Simulationsmethodologie entnommenen Begrifflichkeit ein Amalgam von Metaphern an, das diesem Zeitgeist entspricht. Die Grundhaltung ist fortschrittsfreundlich und optimistisch. Der Computer ist nicht nur ein selbstverständliches Arbeitsinstrument für die Modellsimulationen. Vielmehr erhalten die Modelle der Computerwissenschaft aus den Bereichen KI, KL und KG, an der Spitze das Konzept des KAS und des regelgeleiteten Handelns von Agenten, selbst eine weltbildkonstitutive Bedeutung. Begriffe wie selbstorganisierte Kritizität und Koevolution am Rande des Chaos lassen sich scheinbar bruchlos auf die wirtschaftliche Wirklichkeit übertragen. Vor diesem Hintergrund ist es kein Zufall, dass sich das Komplexitätsmanagement gerade in den USA in den 90er Jahren und hier insbesondere am Beispiel von Unternehmen der Computerindustrie als Modeerscheinung etabliert hat. Die KT erscheint als Zentrum einer neuen Wissenschaft, die mit gesellschaftsprägendem Anspruch auftritt – die Herausforderung der dritten Kultur ist geboren.

### 3. Die Herausforderung der dritten Kultur

Brockman (1996) hat unter dem Titel „Die dritte Kultur“ eine Sammlung von Interviews mit bedeutenden Naturwissenschaftlern aus den Bereichen Kosmologie und Physik, Biologie und Evolutionsphilosophie sowie Computer- und Neurowissenschaften herausgegeben, in denen diese ihre Forschungsergebnisse darstellen, interpretieren und philosophisch einordnen. Der damit verbundene Anspruch ist nicht gering: „Die dritte Kultur – das sind Wissenschaftler und andere Denker in der Welt der Empirie, die mit ihren Arbeiten und mit ihren schriftlichen Darlegungen den Platz der traditionellen Intellektuellen einnehmen, indem sie die tiefere Bedeutung unseres Lebens sichtbar machen und neu definieren, wer und was wir sind“ (Brockman 1996, S. 15). Brockman möchte die traditionelle Trennung in zwei Kulturen (Snow 1959), nämlich die natur- und die geisteswissenschaftliche, von den Naturwissenschaften her aufbrechen und damit gleichzeitig die Deutungshoheit der traditionellen, kulturwissenschaftlich geprägten Intellektuellen in Frage stellen.

Unter den interviewten Wissenschaftlern befinden sich auch wichtige Vertreter der KT wie Gell-Mann und Kauffman sowie auch andere bekannte Mitglieder des Santa Fe Instituts (SFI) wie der Biologe Goodwin und der Mitbegründer der Forschung über KL Langton. Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Episode aus der Gründungszeit des SFI, die Waldrop (1993, S. 114 ff.) berichtet, da sie ein bezeichnendes Licht auf den gewagten Anspruch der dritten Kultur wirft. Zwei Jahre nach der Gründung des SFI im Jahr 1984 hatte das Institut bei der Suche nach Sponsoren einen Kontakt zu John Reed, dem Präsidenten der New Yorker Citicorp, einer der größten weltweit operierenden Bankenholdings mit der New Yorker Citybank als bedeutendstem Tochterunternehmen, geknüpft. Citicorp hatte im Verlauf der Schuldenkrise der Dritten Welt hohe Verluste hinnehmen müssen und war deshalb auf der Suche nach neuen, besseren Prognoseverfahren der wirtschaftlichen Entwicklung, die die bisher verwendeten ökonometrischen Modelle ersetzen sollten. Diese Modelle waren zwar überaus komplex, oder, besser gesagt, kompliziert, aber nicht in der Lage, Strukturbrüche in der Weltwirtschaft korrekt vorherzusagen. Das Interesse von Citicorp brachte das Institut in eine prekäre Lage. Einerseits war man als junges, neugegründetes Institut dringend auf Sponsoren angewiesen, andererseits wollte man in weiser Zurückhaltung natürlich nicht zu viel versprechen. Für Cowan, den Leiter des Instituts, war es eigentlich „ungefähr zwanzig Jahre zu früh, um ein derart komplexes System wie die Wirtschaft ins Visier zu nehmen – „Es betraf ja menschliches Verhalten“, sagt Cowan“ (Waldrop 1993, S. 115). Reed war sich aber

durchaus darüber im klaren, dass er weniger greifbare Ergebnisse als vielmehr die Ausarbeitung neuer Ideen erwarten konnte, und so wurde Citicorp ein Hauptsponsor des SFI<sup>8</sup>.

Die zentrale Frage ist also, ob es einen Erkenntnisgewinn verspricht, auch menschliche Systeme als KAS zu modellieren. Die Frage wurde dabei bewusst als Frage nach der Erklärkraft und damit nach der Zweckmäßigkeit, nicht aber als Frage nach der ontologischen Angemessenheit solcher Modellierungsversuche gestellt. Die Identität und Autonomie menschlicher Agenten steht nicht in Frage, auch nicht deren interpretative Kompetenz, reflexive Intelligenz und schöpferische Potenz. Zwar scheint es mir offensichtlich zu sein, dass es keine sinnvolle Alternative zu einem naturalistischen Weltbild gibt. Andererseits, und damit berühre ich den Kern der Diskussion über die „Anwendbarkeit“ komplexitätstheoretischer Einsichten in den Humanwissenschaften, ist das Emergenzproblem, komplexitätstheoretisch formuliert also die Frage nach der spezifischen Art steuernder Komplexität humaner KAS, bisher nur ansatzweise verstanden und noch kaum einer formalen Modellbildung zugänglich gemacht worden (vgl. ausführlicher Kap. 6). Im gegenwärtigen Stadium der Entwicklung geht es lediglich darum, ob man etwas daraus lernen kann, wenn man menschliche Agenten als nichttriviale Maschinen und als Elemente von möglicherweise vielfach hierarchisch gestaffelten KAS betrachtet und damit grundsätzlich einer komplexitätstheoretischen Analyse zugänglich macht (vgl. Kap. 4.2). Ein derart spezifiziertes naturalistisches Verständnis menschlicher Sozialzusammenhänge stößt allerdings auf Schwierigkeiten, die mit der Trennung zwischen den zwei Kulturen, der Debatte um Verstehen und/oder Erklären und den periodisch gerade in der deutschen Geistesgeschichte virulenten, aber weitgehend ergebnislosen Methodenauseinandersetzungen zusammenhängen. Allerdings ist, wie bereits im vorangehenden Abschnitt bemerkt, diese Kluft zwischen den zwei Kulturen für den Moralphilosophen und gleichzeitig glühenden Verehrer Newtons Smith und generell für die in der Tradition des britischen Empirismus stehenden Denker längst nicht so tief wie vor dem Hintergrund der spezifisch deutschen geisteswissenschaftlichen Tradition. Kein Wunder also, dass sich die KT generell und speziell auch das Komplexitätsmanagement, wie oben bemerkt, in den USA einem wesentlich höherem Ansehen erfreuen als gerade in Deutschland.

---

<sup>8</sup> Es erscheint zumindest bemerkenswert, dass hier prominente Vertreter der „neuen Wissenschaft“, zu deren stereotypen Charakterisierungen in der populären Literatur nicht zuletzt die Unvorhersagbarkeit der Entwicklung komplexer „nichtlinearer“ Prozesse gehört, wie selbstverständlich davon ausgehen, dass komplexe und sogar chaotische Prozesse durchaus sinnvoll prognostiziert werden können. Noch bemerkenswerter ist allerdings der in der günstigen zeitlichen Prognose zumindest implizit enthaltene Glaube, den naturalistischen Ansatz der KT relativ bruchlos auf menschliche Verhaltenssysteme ausdehnen zu können.

Auch hier ist Kant die Drehscheibe. Der Physiker, Chemienobelpreisträger und Wissenschaftsphilosoph Prigogine fasst die Ausgangssituation prägnant zusammen: „Again and again, the greatest thinkers in western tradition, such as Kant, Whitehead, and Heidegger, felt that they had to make a tragic choice between an alienating science or an antiscientific philosophy” (Prigogine 1997, S. 10). Kant war ohne Zweifel ein überaus profunder Kenner der Newtonschen Theorie, zu der er mit seiner Schrift „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ selbst einen bedeutenden Beitrag geleistet hat, der später als Kant-Laplacesche Theorie der Entstehung des Planetensystems in der Astronomie große Bedeutung erlangt hat. Felsenfest von der unumstößlichen Wahrheit der Newtonschen Lehre überzeugt, sah sich Kant veranlasst, in seinem transzendentalen Idealismus strikt zwischen dem Reich der Notwendigkeit und dem Reich der Freiheit zu unterscheiden, um der Sphäre des moralischen Handelns ihre Autonomie gegenüber den deterministisch ablaufenden mechanischen Prozessen zu erhalten. Diese Notlösung ist aus der Sicht Kants praktisch erzwungen, da sie einerseits die universelle Geltung der Newtonschen Gesetze anerkennt und andererseits gleichzeitig an der Autonomie des moralischen Subjekts festhält.<sup>9</sup>

Ein Aufsatz zum Komplexitätsmanagement ist natürlich nicht der geeignete Ort, um die Konsequenzen dieser philosophischen Weichenstellung für die deutsche Kultur- und Sozialgeschichte auch nur ansatzweise würdigen zu können. Zumindest in Bezug auf die hier primär interessierenden erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Fragen sei aber die hervorragende „Kritik der reinen Erkenntnislehre“ von Albert (1987) verwiesen, in der die auch von mir vertretene Position eines hypothetischen Realismus und einer evolutionären Erkenntnistheorie auf naturalistischer Grundlage entfaltet und dem transzendentalen Idealismus Kants gegenübergestellt wird. Entscheidend ist, dass sich, wie Prigogine (Prigogine 1997; Prigogine/Stengers 1981) und mit ihm viele andere bedeutende Naturwissenschaftler zum Ausgang des 20. Jahrhunderts wiederholt festgestellt haben, das naturwissenschaftliche Weltbild inzwischen so grundlegend gewandelt hat, dass sich die Frage der tragischen Wahl zwischen einem entfremdeten Naturalismus und einer antisozialistischen Geisteswissenschaft nicht mehr stellt.

---

<sup>9</sup> Offenbar sah etwa Smith, um noch einmal an die gerade erwähnte Tradition des britischen Empirismus zu erinnern, eine solche Notwendigkeit nicht.

Im Zusammenhang dieser Arbeit kann es nicht darum gehen, diese oft beschriebene und kommentierte Entwicklung des naturwissenschaftlichen Weltbildes auch nur in den Grundzügen nachzuzeichnen. Es soll lediglich betont werden, dass die Entwicklung immanent im Rahmen des etablierten und erfolgreichen naturwissenschaftlichen Wissenschaftsverständnisses erfolgte. Zweifellos haben die Einsichten der modernen Naturwissenschaft, etwa das Komplementaritätsprinzip und die Unschärferelation in der Quantendynamik auf der einen und das Raum-Zeit-Kontinuum und die Riemannsche Geometrie in der Relativitätstheorie auf der anderen Seite, die Selbstverständlichkeiten des evolvierten und alltagsweltlich bewährten mesokosmischen Weltverständnisses des Homo sapiens sapiens nachhaltig erschüttert (vgl. Vollmer 1981). Dieser imponierende Erkenntnisfortschritt ist aber gerade Ausdruck der Leistungsfähigkeit der naturwissenschaftlichen Methodologie. Die Grundlagen des naturwissenschaftlichen Forschungsprogramms werden durch diese neuen Einsichten also nicht in Zweifel gezogen, sondern im Gegenteil bestätigt.

Die Rede von der „neuen Wissenschaft“ ist also insofern mehr als irreführend, als sie suggeriert, der weltbildverändernde Erkenntnisfortschritt der modernen Naturwissenschaften hätte gleichzeitig auch die Grundlagen des Wissenschaftsverständnisses verändert. Gerade die auch konstruktivistische Sozialwissenschaftler (z.B. Stacey 2000) und postmoderne Philosophen (z.B. Cilliers 1998) faszinierenden Einsichten der modernen System-, Chaos-<sup>10</sup> und insbesondere auch Komplexitätstheorie sind auf dem Boden der bewährten naturwissenschaftlichen Methodologie gewachsen. Allerdings lässt die Anerkennung von Selbstorganisation, Emergenz und Historizität als konstitutiv auch für natürliche Prozesse die einst konturscharf gezogene Trennlinie zwischen Natur- und Geisteswissenschaften tatsächlich durchlässig erscheinen. Eine sinnvolle und damit auch sozialtheoretisch fruchtbare Antwort der Sozialwissenschaften auf die Herausforderung durch die dritte Kultur sollte meiner Meinung nach gerade nicht darin bestehen, die Kluft zwischen den zwei Kulturen durch eine defensive Polemik wieder zu vertiefen, sondern vor dem Hintergrund eines naturalistisch-emergentistischen Weltbildes zu fragen, worin denn genau das eigentlich Neue der Emergenz einer neuen Ebene der Komplexität sinnhaft-intentionalen Handelns besteht – und dies möglicherweise sogar zusammen mit der KT (vgl. Kap. 6).

---

<sup>10</sup> Zum Thema Chaostheorie und postmoderne Wissenschaft haben Sokal und Bricmont (1999, S. 155 ff) einige aufschlussreiche Anmerkungen gemacht.

## **4. Komplexitätstheorie als Theorie komplexer adaptiver Systeme**

### **4.1 Theoretisch-methodische Grundlegung**

„If there are important systems in the world that are complex without being hierarchic, they may to a considerable extent escape our observation and our understanding“ (Simon 1969, S. 108). Das Zitat von Simon spielt auf die nunmehr klassische Unterscheidung von Weaver zwischen einfachen Systemen, stochastischer und organisierter Komplexität an. Hierarchie impliziert nach Simon Nahezu-Zerlegbarkeit im Sinne von Modularität. Das Interesse an Hierarchie und Nahezu-Zerlegbarkeit rührt daher, dass Komplexität zumindest nach der damaligen Auffassung Simons nur insoweit wissenschaftlich gehandhabt werden kann, als komplexe Systeme zerlegbar sind und damit auf jeder hierarchischen Ebene als einfache Systeme zu behandeln sind. Auch in der klassischen Mechanik war die Integrier- und damit Zerlegbarkeit der Systeme die Voraussetzung für ihre Verstehbarkeit als einfache Systeme (Prigogine 1980; Prigogine/Stengers 1981). Schon damals zeigte sich allerdings, dass es alles andere als einfach war zu entscheiden, ob ein System integrierbar ist. Das Dreikörperproblem widerstand hartnäckig allen analytischen Lösungsversuchen und ließ bereits zum Ende des 19. Jahrhunderts eine Ahnung von den Einsichten der modernen Chaosforschung am Denkhorizont erscheinen. Der große Mathematiker, Physiker und Wissenschaftsphilosoph Poincaré erkannte, dass die Störungen des zusätzlichen dritten Körpers sich durch Rückkopplungen aufschaukeln und damit unberechenbare Veränderungen in den (weiterhin deterministischen!) Bahnen der Körper hervorrufen konnten. Die Konsequenzen aus seinen Berechnungen wagte aber auch Poincaré noch nicht zu ziehen. „Die Dinge sind so bizarr, dass ich es nicht ertrage, weiter darüber nachzudenken.“ (zitiert nach Briggs/Peat 1990, S.38).

In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts waren die Zeit reif und die Computer stark genug. Das deterministische Chaos in einfachen Systemen wurde zentraler Bestandteil der sich rasant und weltbildmächtig entwickelnden Chaostheorie, einem Vorläufer der KT. Zwar hat auch die Chaostheorie einige modische Anwendungen in der Organisations- und Managementtheorie hervorgebracht (vgl. etwa Peters 1988; Levy 1994). Bei genauerer Betrachtung zeigte sich aber schnell, dass weder die mathematischen Modelle des deterministischen Chaos direkt übertragbar waren noch das Konzept des Chaos selbst attraktive managementtheoretische Perspektiven eröffnete. Das reine Chaos erscheint ebenso wie die starre Ordnung eher als ein nicht empfehlenswerter Extremzustand, den es zu vermeiden gilt. Aufgabe eines sinnvollen

Komplexitätsmanagements ist es vielmehr, zwischen beiden Extremzuständen hindurchzumanövrieren wie zwischen Szylla und Charybdis. Dies geschieht in einem Zustand am Rande des Chaos, der optimale Innovations- und Evolutionsfähigkeit verspricht – so die Kernaussage der KT.

In einem ersten Anlauf können komplexe Systeme als Prozesse definiert werden, die aus Wechselwirkung von Elementen hervorgehen, die sich weder einfach berechnen noch stochastisch eliminieren lassen. Diese bewusst unscharf gehaltene Definition könnte weiter verfeinert werden, indem man etwa mit Willke (1982) konkret zwischen sachlicher, sozialer, zeitlicher, operativer und kognitiver Komplexität unterscheiden würde. In formaler Hinsicht kann aber zunächst von diesen Spezifikationen abstrahiert und das Konzept der regelgeleiteten Wechselwirkungen zwischen Elementen in den Vordergrund gerückt werden. Der KT geht es nämlich, formal gesprochen, darum zu verstehen, wie Oberflächenkomplexität aus Tiefeneinfachheit erwächst (Gell-Mann 1994). Das Erkenntnisinteresse richtet sich also abstrakt auf die Emergenz von Strukturen durch die Selbstorganisation regelgeleiteter Wechselwirkungen zwischen Agenten (Elementen). Ziel der KT ist es, die Gesetze der Emergenz von Ordnungszuständen in komplexen Systemen auf einer abstrakten Modellebene zu verstehen und dann auf die unterschiedlichsten substanzwissenschaftlichen Anwendungsbereiche zu übertragen. Der damit verbundene große Anspruch wird in dem folgenden Zitat von Kauffman besonders deutlich: „Ich suche nach einer tiefgehenden Theorie der Ordnung im Leben, in einem ganz breiten Spektrum: vom Ursprung des Lebens selbst über die Dynamik von Evolution und Ökosystemen, die Komplexität in menschlichen Gesellschaften bis hin zum globalen Maßstab von Gaia. Ich glaube, die KT wird uns zu einem solchen Verständnis bringen" (Kauffman, zitiert nach Lewin 1993, S. 227).

Im Konzept des KAS wird diese Ordnungsvorstellung um eine evolutionäre Komponente erweitert und Ordnung als Resultat von Selbstorganisation und Selektion verstanden. Als zusätzliche basale Konzepte kommen damit blinde Variation, selektive Reproduktion und ein dieses Wechselspiel von Zufall und Notwendigkeit steuerndes Fitnesskriterium ins Spiel. Dabei ist zu beachten, dass sich die moderne Evolutionstheorie zunehmend aus der verengten Sicht des genetischen Reduktionismus (vgl. Dawkins 1978) befreit hat. Eine umfassende

Darstellung der systemischen Evolutionstheorie, in der die Emanzipation des Phänotyps von Genotyp und damit die Entstehung der Individualität aus biologischer Sicht nachgezeichnet wird, hat Wieser (1998) vorgelegt. Eine philosophische Interpretation der Evolutionstheorie auf der Grundlage eines algorithmischen Verständnisses, das sich auch auf KI, KL und KG erstreckt, wurde von Dennett (1997) vorgelegt. Damit ist die moderne Evolutionsbiologie für die KT anschlussfähig geworden. Darwinistische Denkfiguren können in den Komplexitätstheoretischen Ansatz integriert werden, ohne dass die natürliche Selektion als einzige Quelle der Ordnung angesehen werden müsste. „Ordnung umsonst“, d.h. eine allen komplexen Prozessen inhärente Tendenz zur spontanen Selbstorganisation, wird als eine Gestaltungskraft angesehen, die der Selektion als Bastler, als am Schopf gefasster Zufall, vorangeht und Evolution erst möglich macht. In diesem Sinne versteht sich die KT also durchaus als eine Erweiterung der Darwinistischen Evolutionstheorie (Kauffman 1993, 1996).

Chemische Reaktionsnetzwerke, genetische Netzwerke, neuronale Netzwerke, Ökosysteme, technische und wirtschaftliche Systeme, um nur einige Anwendungsbeispiele zu nennen, die in den Standarddarstellungen der KT eine hervorgehobene Rolle spielen (Kauffman 1993, 1996; Lewin 1993; Waldrop 1993), können als KAS verstanden werden. Aus sozialwissenschaftlicher Sicht von besonderem Interesse sind grundsätzlich Multiagentensysteme, d.h. KAS, deren Elemente aus wechselwirkenden autonomen Agenten bestehen, die interaktiv komplex miteinander vernetzt sind. Viele Simulationen aus den Bereichen KL (Langton 1989, 1995; Langton et al. 1992) und KG (vgl. zusammenfassend Axelrod 1997; Malsch 1997; Kappelhoff 2001) beruhen auf Modellen, die als KAS im oben definierten Sinne verstanden werden können. Zu nennen wären hier etwa die bekannte TIERRA-Simulation von Ray (1992) oder die AL-Welt von Ackley und Littman (1992), um nur zwei Beispiele aus dem Bereich der KL-Forschung zu erwähnen, die auch für Sozialwissenschaftler von großem Interesse sind (vgl. auch Kap. 5.3). Simulationen von Multiagentensystemen im Bereich KG sind äußerst zahlreich und vielfältig. Paradigmatisch seien die vielen Varianten der „Zuckerwelt“ erwähnt, die in dem Buch „Growing Artificial Societies – Social Science from the Bottom Up“ von Epstein und Axtell (1996) vorgestellt werden. Darüber hinaus gehören Simulationsexperimente in der evolutionären Spieltheorie in der Tradition von Axelrod (1991; vgl. auch Kappelhoff 2000a, 2001, 2002) und zur Untersuchung der Evolution von Finanzmärkten (vgl. z.B. Palmer et al. 1994; Arthur 1995b; Arthur et al. 1997b) inzwischen zur Forschungsroutine. Abschließend sei in diesem

Zusammenhang allgemein an das rasch expandierende Feld der evolutionären Ökonomik erinnert (Hodgson 1993; Arthur 1995a; Arthur et al. 1997a).

Gerade die letztgenannten Anwendungsbeispiele aus den Bereichen KL und insbesondere KG legen es nahe, das Konzept des KAS noch einmal zu erweitern. Fasst man die Agenten der KAS selbst als KAS auf, so erhält man KAS von KAS, also ein Zweiebenensystem von KAS. Agenten als KAS können relativ simpel konstruiert sein, etwa nach dem Modell einer Amöbe, die Temperaturgradienten wahrnehmen und sich entsprechend orientieren kann, oder eines Agenten der evolutionären Spieltheorie, der Sequenzen von Spielzügen wahrnehmen und entsprechend reagieren kann – etwa als Tit-for-Tat-Spieler (Axelrod 1991). Agenten können aber selbst Systeme von beachtlicher Komplexität darstellen, wenn sie, wie z.B. in Simulationen der Evolution von Finanzmärkten, als evolutionsfähige Klassifiziersysteme (vgl. Holland/Miller 1991; Waldrop 1993; Bainbridge et al. 1994) modelliert werden. Auch in den Simulationen zur evolutionären Spieltheorie werden oft komplexe Agenten verwendet, die sich in einer sozialen Umwelt orientieren können und darüber hinaus lernfähig sind (vgl. z.B. Stanley et al. 1994; Lindgren/Nordahl 1995; Lomborg 1996, Lindgren 1997). Von besonderem Interesse sind erste Versuche, aus Sicht der interpretativen Soziologie, sinnhaft handelnde, also kreativ interpretierende, reflexiv analysierende und autonom entscheidende Akteure als KAS zu verstehen (vgl. insbesondere Juarrero 1999).

Durch diese Erweiterung auf KAS von KAS sind zwei Aspekte angesprochen, die gerade für Anwendungen der KT in der Managementforschung von besonderer Bedeutung sind. Zunächst einmal verdient festgehalten zu werden, dass KAS grundsätzlich Mehrebenensysteme sind. Als solche verbinden sie notwendig eine analytische und eine holistische Perspektive. Analytisch gesehen bestehen KAS aus Agenten, die über ihre Wechselwirkungen zunächst lokal in einen Beziehungszusammenhang eingebettet sind. Diese lokalen Muster sind aber global verknüpft und in ihrer emergenten Dynamik nur als Ganzheit verstehbar. Dieses notwendige Ineinander-Verschränkt-Sein von analytisch-reduktionistischer und systemisch-emergentistischer Betrachtungsweise wird im Fall der Anwendung auf Organisationen dadurch entscheidend kompliziert, man könnte hier sogar den zusätzlichen Begriff von Mehrebenen-Komplexität einführen, dass dieses vertikale Schema mehrfach verschachtelt und jeweils auf der horizontalen Ebene variabel netzartig verbunden ist. Grundsätzlich wird es dadurch möglich, Binnen- und Außenperspektive in einem Modell zu verbinden. Organisationsmitglieder sind netzartig in Gruppen formeller und informeller Art

eingebunden, die zu Abteilungen zusammengeschlossen sind, die zu Unternehmen gehören, die eventuell selbst wieder Teil eines Unternehmensnetzwerkes sind, das auf einem Markt konkurriert, der durch einen institutionellen Rahmen konstituiert wird.

So können z.B. populationsökologische Modelle, die zunächst auf eine Außenperspektive begrenzt sind, durch eine Binnenperspektive ergänzt werden, die Organisationen selbst als KAS auffasst. Auf diese Weise kann die koevolutionäre Marktdynamik mit Prozessen und Entwicklungstendenzen innerhalb der Organisation verknüpft und in einem einheitlichen Modell analysiert werden. McKelvey, einer der Mitbegründer des populationsökologischen Ansatzes, hat die Modelle von NKSC-Fitnesslandschaften, an denen Kauffman die Konzepte von der Koevolution am Rande des Chaos und der Fehler- und Komplexitätskatastrophe entwickelt hat (vgl. Kauffman 1993, 1996), dazu benutzt, um das Wechselspiel von innerer, organisationaler und äußerer, marktlicher Komplexität zu untersuchen (vgl. insbesondere McKelvey 1999a, b).<sup>11</sup> Ich werde diese Arbeiten in Kap. 5.2 ausführlich diskutieren, da sie in exemplarischer Weise Möglichkeiten und Grenzen einer naturalistisch inspirierten direkten Anwendung komplexitätstheoretischer Modelle in der Managementforschung demonstrieren. Anwendungen der KT auf Managementprobleme haben nämlich auch dann, wenn sie sich konkret auf exakte Ergebnisse von Modellsimulationen in der KT beziehen, letztlich nur qualitativen Charakter, da die Modellübertragungen in ihrer exakten Reichweite immer durch den idealisierenden Modellkontext begrenzt sind. Diese Limitierungen gelten natürlich erst recht für rein qualitative Argumente, die stets auch nur im Rahmen eines allerdings meist implizit gelassenen Argumentationskontextes Gültigkeit haben – der Vorteil exakter Modellierungen liegt nicht zuletzt darin, auch die Grenzen des verwendeten Modells genauer herausarbeiten zu müssen.

Damit sind wir bei dem zweiten wichtigen Aspekt, der sich daraus ergibt, dass die Agenten eines KAS selbst wieder als KAS konzipiert werden. Die Agenten sind also selbst Systeme, die mit einem variablen Grad kognitiver und operativer Komplexität ausgestattet sind. Grundsätzlich ist es sinnvoll, solche Agenten als nichttriviale Maschinen (vgl. Schimank 1996, S. 143 ff.) zu betrachten. Nichttriviale Maschinen sind autonom in dem Sinne, dass ihre Reaktionen auf Inputs wesentlich durch innere Zustände, sogenannte Withinputs, bestimmt

---

<sup>11</sup> Auch Kauffman (1995, 1996) hat dieses Modell im Sinne einer „Logik der Felder“ (1996, S. 366 ff) auf Probleme technologischen und organisationalen Wandels angewandt. Das Argument folgt einer formalen Logik der Optimierung der Konnektivität, ist aber durchaus auch unter Anwendungsgesichtspunkten interessant. So könnte etwa nach der optimalen Feinheit der Aufteilung eines Unternehmens in Profit Center gefragt werden.

werden. Nichttriviale Maschinen sind also selbstreferentiell bestimmt und, obwohl deterministisch operierend, grundsätzlich unberechenbar. Beispiele für solche nichttrivialen Maschinen sind künstliche Agenten, wie sie z.B. in den Simulationen der evolutionären Spieltheorie verwendet werden. Diese Agenten können zwar grundsätzlich als Repräsentanten einer komplexen Spielstrategie verstanden werden, handeln aber situationsabhängig vor dem Hintergrund der im Gedächtnis gespeicherten Spielgeschichte und können darüber hinaus ihre Strategien erfolgsabhängig variieren, sind als lernfähig (vgl. Lindgren 1997; Tesfatsion 1997). In Simulationen der Evolution von Finanzmärkten wurden Agenten als Klassifiziersysteme modelliert (vgl. Holland ; Arthur et al. 1997b), die über einen Mix von Marktstrategien verfügen, der situationsabhängig aktiviert, überprüft und mit Hilfe eines genetischen Algorithmus variiert werden kann.

Trotz aller Fortschritte bei der Modellierung von Agenten mit erheblicher kognitiver und operativer Komplexität wird allerdings die emergente Ebene steuernder Komplexität sinnhaft-intentionalen menschlichen Handelns nicht erreicht (vgl. auch Kap. 5.3). Auch hier erscheint es mir nicht weiter sinnvoll zu sein, die ontologische Frage zu diskutieren, ob solche Maschinen zumindest potentiell über menschliches Bewusstsein verfügen können. Vielmehr ist zu fragen, inwieweit die Verwendung von Agentenmodellen aus der KI die Anwendbarkeit komplexitätstheoretischer Modelle auf sozialwissenschaftliche Fragestellungen verbessert. Diese Frage kann im Fall der diskutierten Multiagentensysteme der evolutionären Spieltheorie und der Modellanalysen zur Evolution von Finanzmärkten durchaus positiv beantwortet werden. Es zeigen sich durchaus schon die Umriss einer evolutionären Sozialwissenschaft ab, die elaborierte Modelle der KT zumindest im Sinne eines qualitativen Modelldenkens nutzbar machen kann (vgl. Kappelhoff 2001, 2002 und die Diskussion in Kap. 6).

Natürlich bleibt die Übertragbarkeit auf reale soziale Prozesse letztlich eine Frage, die nur empirisch entschieden werden kann. Der Erkenntnisfortschritt des komplexitätstheoretisch inspirierten Modelldenkens für Probleme der Managementforschung liegt aber nicht zuletzt darin, dass die Annahmen des Modells zunächst modelltheoretisch genau spezifiziert werden müssen. Nur so ist es möglich, die sozialtheoretische Reichweite dieser Modelle zu beurteilen und auf dieser Grundlage über realitätsgerechte Anwendungen zu entscheiden. In diesem Sinne bestimmt ein Modell auch immer die Grenzen seiner Anwendbarkeit – auch wenn diese Grenzen in der Forschungspraxis nicht immer berücksichtigt werden. Gerade darin liegt die

Problematik der direkten Übertragungen von Modellen der KT im Rahmen der quasi-naturalistischen Organisations- und Managementtheorie von McKelvey (vgl. die Diskussion in Kap. 5.2).

## **4.2 Modelle und Metaphern**

Grundthema der KT ist die Beziehung zwischen Selbstorganisation und Evolution. Diese Beziehung wird sowohl konkret modelltheoretisch in Simulationsexperimenten studiert, als auch als allgemeine Theorie dynamischer Prozesse mit philosophischem Anspruch präsentiert. Die KT hat also zwei Seiten. Einerseits wird versucht, in Simulationsexperimenten die Bedingungen für die Evolution einer evolutionsfähigen Ordnung am Rande des Chaos exakt zu spezifizieren. Andererseits werden die Metaphern der KT dazu verwendet, auf der evolutionsphilosophischen Ebene ein Weltbild zu propagieren, das den Menschen als „Teil der natürlichen Ordnung der Dinge“ (Kauffman 1996, S. 16) versteht. Dies geschieht durchaus absichtsvoll in polemischer Zuspitzung gegen Monods (1975) Bild vom Menschen als „Zigeuner am Rande des Universums“ und Goulds (1994) These vom „Zufall Mensch“. Demgegenüber geht Kauffman von einer natürlichen Tendenz zur Selbstorganisation aus, die durch Evolution nur überformt wird. „Die Geschichte des Lebens veranschaulicht die natürliche Ordnung, auf welche die Selektion einwirkt. Wenn diese Hypothese zutrifft, dann sind viele Merkmale von Organismen nicht nur zufällig, sondern auch Manifestationen der tiefgreifenden Ordnung, die durch die Evolution weiter ausgeformt wird. Damit sind wir in einer Weise im Universum beheimatet, die niemand zu erträumen wagt, seit Darwin mit seiner Metapher vom blinden Uhrmacher die natürliche Theologie auf den Kopf stellte“ (Kauffman 1996, S. 46). Der Möglichkeitsraum, in dessen kombinatorischer Unendlichkeit sich der evolutionäre Prozess nach Auffassung von Monod und Gould allein vom Zufall angetrieben verläuft, ist also bereits vorstrukturiert und weist Attraktoren auf, die Kauffman als Manifestation einer tiefgreifenden Ordnung versteht.

Der Unterschied in den beiden Auffassungen entspricht relativ genau dem grundlegenden Unterschied zwischen Kontingenz- und Konsistenztheorie. Während sich für die Kontingenztheoretiker (z.B. klassisch Burns/Stalker 1961) die Organisationsmerkmale primär aus ihrem Passungscharakter ableiten, also grundsätzlich auf die selektiven Einflüsse der Umwelt zurückgehen, betonen Konsistenztheoretiker (z.B. Miller/Friesen 1984) den Gestaltcharakter von Organisationen und damit die interne Konsistenz von

Organisationsmerkmalen. Damit stellt sich sowohl auf der Ebene der abstrakten Modelle der KT wie auch konkret bezogen auf soziale Systeme und Organisationen die grundlegende Frage nach der relativen Bedeutung und der Art des Zusammenwirkens dieser beiden Ordnungskräfte bei der Entstehung komplexer, evolutionsfähiger Ordnungen. Im Gegensatz zur klassischen Darwinistischen Evolutionstheorie hebt die KT hier die Bedeutung spontaner Ordnungsbildung in einem Gestaltungsraum hervor, der durch Attraktoren gewissermaßen vorstrukturiert ist. Diese Attraktoren repräsentieren potentielle Ordnungszustände, etwa Archetypen im Sinne von Miller/Friesen (1984), die unterschiedlich großer Einzugsgebiete und damit auch unterschiedlich starke Realisierungstendenzen aufweisen.

Damit ist aber noch nichts über den Charakter der Wandlungsprozesse selbst gesagt. Gradueller Wandel, wie er in der Evolutionstheorie unterstellt wird, ist zwar grundsätzlich auch vor dem Hintergrund komplextheoretischer Vorstellungen möglich. Gerade die Betonung endogener Ordnungskräfte und des formbildenden Charakters der Attraktoren im Gestaltungsraum legen aber eher ein Modell diskontinuierlichen Wandels als allgemeine dynamische Form nahe. Auch Miller und Friesen (1984) schließen sich mit ihrem Bild vom organisationalen Wandel in Analogie zu Quantensprüngen dieser Auffassung an. Das Modell revolutionären Wandels in Form von durchbrochenen Gleichgewichten geht auf Eldredge und Gould (1972) zurück und wird seitdem in der Evolutionstheorie und –philosophie heftig diskutiert. Sowohl die Kambrische Explosion (Gould 1994) als auch die in erdgeschichtlicher Perspektive häufigen katastrophentypischen Zusammenbrüche des gesamten Ökosystems (vgl. Raup 1991), etwa die Periode massiven Artensterbens am Ende des Perm, der möglicherweise bis zu 95 Prozent aller Arten zum Opfer gefallen sind, legen eher eine revolutionäre Dynamik durchbrochener Gleichgewichte nahe. Auch in den Simulationen von Multiagentensystemen (vgl. z.B. Lindgren/Nordahl 1995; Lomborg 1996; Lindgren 1997) sind durchbrochene Gleichgewichte des typische dynamische Muster – stabile Phasen und Perioden scheinbar chaotischen Wandels folgen in unregelmäßigen Abständen aufeinander.

Eine Erklärung im Rahmen der KT kann auf dem Hintergrund der von Kauffman entwickelten Booleschen NK-Zufallsmodelle und NK-Fitnesslandschaften erfolgen (vgl. genauer Kappelhoff 2000a). In den Simulationen mit NK-Zufallsmodellen entdeckte Kauffman einen Bereich komplexer und relativ stabiler Ordnung, den er als „Rand des Chaos“ bezeichnete, da er im Gestaltungsraum gerade die Grenze zwischen starren Ordnungszuständen und chaotischen Dynamiken bildet. Diese „Ordnung zum Nulltarif“ stellt

sich bei moderater Dichte der Wechselwirkungen in den zugrunde liegenden NK-Zufallsnetzwerken, etwa  $K = 2$ , ein.<sup>12</sup> Dieser prekäre Ordnungszustand am Rande des Chaos erwies sich in weiteren Simulationsexperimenten, die mit Hilfe von NK-Fitnesslandschaften durchgeführt wurden, gleichzeitig als Korridor der Evolvierbarkeit. Auch hier bezeichnet  $K$  den Grad der Vernetzung. Ein hohes  $K$  bedeutet, dass eine Veränderung in einem der  $N$  Elemente des Modells nicht nur dessen Fitness verändert, sondern gleichzeitig auch die von  $K$  anderen Elementen des Systems. Ist  $K = N - 1$ , so ist die Fitnesslandschaft völlig irregulär, da jede Veränderung in nur einem Element die Gesamtfitness des Systems in unkalkulierbarer Weise verändert. Ein zu hohes  $K$  impliziert daher eine zu starke Vernetzung der Fitnesskomponenten und damit auch eine zu stark zerklüftete, völlig unkorrelierte Fitnesslandschaft. Ein Absuchen einer solchen Fitnesslandschaft nach optimalen Varianten mit Hilfe des evolutionären Mechanismus blinder Variation und selektiver Reproduktion erweist sich als unmöglich – es kommt zur Komplexitätskatastrophe. Umgekehrt bedeutet ein zu niedriges  $K$  eine hochkorrelierte, glatte Fitnesslandschaft, die ein einmal gefundenes Optimum nicht festhalten kann, zumindest dann nicht, wenn die Anzahl der Fitnesskomponenten  $N$  eine gewisse Größe übersteigt. In diesem Fall ist nämlich die Selektionskraft nicht mehr stark genug, um den mit der Zahl der Komponenten zunehmenden endogenen Variationsdruck zu kontrollieren – es kommt zur Fehlerkatastrophe.

Evolutionäre Mechanismen allein können also das Entstehen einer evolutionsfähigen Ordnung nicht erklären. Die zentrale Einsicht der KT liegt gerade darin zu zeigen, dass KAS nur durch ein Zusammenwirken von Selbstorganisations- und Selektionskräften in dem schmalen Korridor der Evolvierbarkeit zwischen Fehler- und Komplexitätskatastrophe gehalten werden können. Dieser Bereich optimaler Ordnungs- und Evolutionsfähigkeit ist durch eine moderate Vernetzungsdichte  $K$  charakterisiert, die Ordnung am Rande des Chaos ermöglicht und zugleich moderat korrelierte, nicht so stark zerklüftete Fitnesslandschaften schafft, auf denen sich eine evolutionäre Dynamik entfalten kann. Wie die Diskussion über die Theorie durchbrochener Gleichgewichte gezeigt hat, geht es bei diesen Einsichten aber gerade nicht um eine harmonistische Sicht des Evolutionsgeschehens, auch wenn Kauffman selbst, wie bereits angedeutet wurde, durchaus zu den Evolutionsoptimisten zu rechnen ist.

---

<sup>12</sup> Auch bei höherer Vernetzungsdichte ist Ordnung am Rande des Chaos möglich, wenn die die Interdependenzen repräsentierenden Booleschen Funktionen kanalisierenden Charakter haben, also die Zielzustände weitgehend unempfindlich von den Eingangszuständen festlegen (vgl. Kauffman 1993, S. 203 ff, 1996, S. 130 ff). Diese Ergebnisse sind für praktische Anwendungen der NK-Modelle insoweit bedeutsam, als organisationale Interdependenzen hochstrukturiert sind und keineswegs Zufallscharakter aufweisen, wie dies das einfache NK-Modell unterstellt (vgl. auch Kap. 5.2).

Gerade Kauffman betont immer wieder den unberechenbaren, unkontrollierbaren und potentiell chaotischen Verlauf sich selbst organisierender Koevolutionsdynamiken. Koevolution am Rande des Chaos impliziert keinen graduellen Evolutionsverlauf, sondern selbstorganisierte Kritizität, also eine Abfolge von partiellen Systemzusammenbrüchen und anschließenden Reorganisationsphasen, die im Hinblick auf ihre Größenordnung nach dem Potenzgesetz verteilt sind (vgl. Bak/Chen 1991).

Das Modell selbstorganisierter Kritizität wird üblicherweise am Beispiel eines kegelförmigen Sandberges erläutert, auf dessen Spitze ständig Sand rieselt und der seine Gestalt nur dadurch bewahren kann, dass der überschüssige Sand ständig in Form von Sandlawinen unterschiedlicher Größe an seinen Abhängen niedergeht. Selbstorganisierte Kritizität bezeichnet in diesem Zusammenhang einen dynamischen Spannungszustand, in dem bereits ein kleines Ereignis, also ein zusätzliches Sandkorn, eine große Katastrophe, also eine Sandlawine, auslösen kann. Das System erreicht niemals einen Gleichgewichtszustand, sondern bewegt sich von einem metastabilen Zustand zum nächsten, indem sich der innere Spannungszustand, der sich durch den zufließenden Sand kontinuierlich aufbaut, in unregelmäßigen Abständen in Form von in der Größenordnung nicht vorhersagbaren Kettenreaktionen lokaler Wechselwirkungen entlädt. Kritizität ist also eine globale Eigenschaft des Systems, der kritische Zustand selbst kann als Zustand am Rande des Chaos und damit als Attraktor im Sinne der KT verstanden werden.

In den vorangehenden Abschnitten hatte ich versucht, grundlegende Modelle und Metaphern der KT zu erläutern. Dabei hat sich nicht zuletzt auch ein gewisses Spannungsverhältnis zwischen den konkreten Ergebnissen der Modellsimulationen und den daraus gezogenen weitreichenden Schlussfolgerungen evolutionsphilosophischer Art gezeigt. Die KT ist sicherlich noch weit davon entfernt, eine einheitliche Theorie von KAS zu entwickeln, die chemische und genomische Reaktionsnetzwerke genauso umfasst wie neuronale und Computernetzwerke, und die letztlich auch für technologische und soziale Systeme von Bedeutung ist (vgl. zur Kritik Horgan 1995). Allerdings dürfte auch klar geworden sein, dass die bereits vorliegenden Ergebnisse im Vergleich zu den Vorläufertheorien der Synergetik, dissipativer Strukturen, autopoetischer und letztendlich auch chaotischer Systeme einen bedeutenden Erkenntnisfortschritt darstellen.

## 5. Das Management von Organisationen als evolutionsfähigen Ordnungen

Die Intuition ist klar: Komplexitätsmanagement ist Management am Rande des Chaos, konkret also der Versuch, durch indirekte Steuerung die Fitnesslandschaft der Organisation so zu konfigurieren, dass optimale Evolutionsfähigkeit resultiert (vgl. Anderson 1999, S. 216). Dabei können die Erkenntnisse der KT lediglich als interpretativer Rahmen genutzt werden, um gestützt auf empirische Untersuchungen allgemeine Empfehlungen für ein Komplexitätsmanagement abzuleiten (vgl. Brown/Eisenhardt 1997, 1998). Es kann aber auch der Versuch unternommen werden, die Modelle der KT direkt auf Organisationen als KAS anzuwenden, wie dies McKelvey (1997, 1999a, b, c) in seinen Arbeiten zur quasi-naturalistischen Organisationstheorie programmatisch fordert und exemplarisch umsetzt. Eine weitere Strategie ist die Verbindung komplexitätstheoretischer Einsichten mit Elementen anderer Theorietraditionen zu einer neuen theoretischen Perspektive auf das Management von Organisationen. Hier erörtere ich exemplarisch den Ansatz von Stacey, der den Versuch unternimmt, aus konstruktivistischer Sicht psychoanalytische Einsichten komplexitätstheoretisch fruchtbar zu machen und zu einem revolutionären Managementverständnis zu verschmelzen (Stacey 1995, 1997, 2000; Griffin et al. 1998).

In allen Anwendungen wird deutlich, dass die Modelle und Metaphern der KT durchaus geeignet sind, zu einer neuen Sicht auf alte Probleme des Managements zu gelangen. Alte Kontroversen der Managementtheorie, die sich polar zuspitzen lassen, etwa als Fragen nach der Beziehung von Binnen- und Außenperspektive, von evolutionären und revolutionären Wandel, von Strategie und Struktur und von geplanten und emergenten Strategien, können grundsätzlich komplexitätstheoretisch reformuliert und neu interpretiert werden. Dabei bleibt aber in allen Fällen ein Unbehagen, das meiner Meinung nach aus dem Fehlen einer sozialtheoretisch vertieften Diskussion der Anwendungsproblematik resultiert. Dies ist am deutlichsten bei Brown und Eisenhardt, die ihre auf der Grundlage einer empirischen Untersuchung in der Computerindustrie gefundenen Ergebnisse lediglich in einem komplexitätstheoretischen Rahmen reinterpreten und systematisieren. Bei Stacey bleiben die verschiedenen Theoriefragmente letztlich unverbunden nebeneinander stehen, ohne dass der Versuch einer theoretischen Integration gemacht würde. Am eindeutigsten ist die Haltung von McKelvey, der sich explizit auf eine naturalistische Position beschränkt und darüber hinausgehende theoretische Fragen ausklammert. Wie die Ergebnisse der Arbeiten von McKelvey eindrucksvoll belegen, lassen sich auf diese Weise durchaus theoretische

Fortschritte erzielen, die auch in konkrete Managementempfehlungen einmünden können. Letztlich bleibt aber die Frage nach der steuernden Komplexität menschlicher Sozialsysteme offen. Gerade wenn man die naturalistische Position akzeptiert, stellt sich die grundsätzliche Frage nach der Übertragbarkeit der KT auf die neue Emergenzebene menschlicher sozialer Organisation in aller Schärfe. Bevor ich diese Frage im nächsten Kapitel ausführlich erörtere, möchte ich die hier exemplarisch herausgegriffenen Positionen des Komplexitätsmanagements von Brown und Eisenhardt, McKelvey und Stacey genauer diskutieren.

### **5.1. Evolutionäres Management am Rand des Chaos**

Die Arbeit von Brown und Eisenhardt ist zunächst einmal eine empirische Untersuchung der Bedingungen für erfolgreiche Produktinnovationen in der Computerindustrie in den USA in den Jahren 1993 bis 1995. In qualitativen Interviews werden Manager von erfolgreichen und weniger erfolgreichen Unternehmen befragt, um so die erfolgreichen Managementstrategien in hoch kompetitiven und durch sehr schnellen technischen Wandel geprägten Märkten zu ermitteln. Es zeigt sich, dass sich die erfolgreichen Projektgruppen einerseits durch eine klare Strukturierung von Prioritäten und Verantwortlichkeiten, andererseits aber durch extensive Kommunikation und Gestaltungsfreiheit auszeichnen. Neben dieser Semistrukturierung ist auch die Zeitperspektive wichtig, die als eine Art experimenteller Planung zwischen rein reaktiven Strategien und detaillierter Planung charakterisiert wird. Dazu gehören ein multiples Austesten der Zukunft in verschiedenen Projekten, experimentelle Produktinnovationen und fluide strategische Allianzen. Das Ideal ist die kontinuierlich wandlungsfähige Organisation, also die sich ständig selbst neu erfindende Organisation, die zwischen rigiden Strukturen und chaotischer Beliebigkeit hindurch laviert und versucht, dem Rhythmus einer „relentless pace of change“ zu folgen und sich selbst an die Spitze dieser Bewegung zu setzen.

Aufgabe des strategischen Managements ist es, die in turbulenten Umgebungen konkurrierenden Unternehmen in einem maximal adaptionsfähigen Zustand zwischen starrer Ordnung und unberechenbarem Chaos zu halten. In der Tradition von Weick (1985) verstehen Brown und Eisenhardt Organisationen als lose gekoppelte Systeme, die nur dann erfolgreich sein können, wenn sie ihr kreatives und innovatives Potential durch unterstützende Organisationsstrukturen freisetzen. Den Hyperwettbewerb (D’Aveni 1994) kann das Unternehmen nur dann erfolgreich bestehen, wenn es seine eigene Adaptions- und

Innovationsfähigkeit erhöht und dadurch der ständig drohenden Gefahr des Overfitting bzw. strukturellen Lock-ins in lediglich lokal optimale Lösungen entgeht. Anpassung kann aber nicht geplant, sondern nur evolviert werden. Für das strategische Management bedeutet das, primär die Bedingungen optimaler Anpassung zu fördern – auch wenn dies auf Kosten kurzfristiger Effizienzvorteile geschehen muss.<sup>13</sup>

Theoretisch bezieht sich die Arbeit anfänglich noch auf die Gegenüberstellung von mechanistischen und organischen Organisationsformen bei Burns und Stalker (1961) (vgl. Brown/Eisenhardt 1997, S. 7). Der beschriebene erfolgreiche Organisationstyp wird als kreative Balance zwischen diesen beiden Idealtypen angesehen. Erst im nachhinein werden die beschriebenen Semistrukturen komplexitätstheoretisch als Rand des Chaos zwischen starrer Ordnung und unberechenbarem Chaos eingeordnet: „Although speculative, our underlying argument is that change readily occurs because semistrukturen are sufficiently rigid so that change can be organized to happen, but not so rigid that it cannot occur“ (1997, S. 29). Da sich die Arbeit selbst der qualitativen Sozialforschung zuordnet und nach eigener Einschätzung der Strategie der empirisch begründeten Theoriebildung von Glaser und Strauss (1967) folgt, ist es vielleicht nicht zu weit hergeholt, dies als emergente Theoriebildung in dem Sinne zu verstehen, dass die KT im nachhinein als Kodierparadigma im Verständnis von Strauss und Corbin (1990) verwendet wird. Dagegen orientiert sich der auf dieser Arbeit basierende Managementratgeber „Competing on the Edge“ (1998) von Beginn an an den Metaphern von KT.

Die konkreten Strategieempfehlungen folgen sämtlich dem Schema einer ausgewogenen Balance zwischen zuviel Starrheit auf der einen und zuviel Unordnung auf der anderen Seite: „Navigating the Edge of Chaos“ zwischen zu wenig und zu viel Strukturierung (S. 45 ff.), „Coadaptation at the Edge of Chaos“ zwischen zu wenig und zu viel Kooperation (S. 78 ff.), „Regeneration on the Edge of Time“ zwischen reiner Vergangenheits- und Zukunftsorientierung (S. 110 ff.) und „Experimentation at the Edge of Time“ zwischen zu viel und zu wenig Planung (S. 147 ff.). Dabei versucht das Buch durchaus, dem Leser Begrifflichkeit und Aussagen der KT in Form von erläuternden Inserten näher zu bringen. Dabei werden allerdings teilweise irreführende Explikationen gegeben, etwa wenn die Fehlerkatastrophe als ein Versagen der natürlichen Selektion auf Grund zu starker Variation

---

<sup>13</sup> Dem Ratschlag, dabei immer etwas schneller als die Konkurrenz zu sein, kann man allerdings nur auf der Ebene abstrakter Rezepte etwas abgewinnen, denn natürlich wird sich auch die Konkurrenz bemühen, diesen Ratschlag zu beherzigen.

(S. 102) und die Komplexitätskatastrophe umgekehrt als Versagen durch zu geringe Variation dargestellt wird. Im Modell der NK-Fitnesslandschaft von Kauffman (1993) ist dagegen die Fehlerkatastrophe durch zu geringe Konnektivität und damit eine zu glatte und die Komplexitätskatastrophe durch zu hohe Konnektivität und damit eine zu zerklüftete Fitnesslandschaft charakterisiert (vgl. Kap. 4.2).

Zentral ist das Insert „The Science behind Order“, für das als Begründung auf die Forschungsergebnisse der beiden Autorinnen und die Arbeiten von Kauffman verwiesen wird. Wir geben das Insert deshalb in voller Länge wieder: „ There is a scientific basis for organizing the edge of chaos processes first, followed by the edge of time processes. Edge of time processes, such as experimentation and regeneration, are evolutionary. Evolutionary change requires systems to be structured, as with genes, and the range of possible change to be bounded by *complexity* and *error catastrophes*. Therefore, evolutionary change depends on previous *self-organization*, and the resulting change is gradual. In contrast, edge of chaos processes, such as improvisation and coadaptation, involve *dialectic* change through the competing tensions of structure and chaos. Dialectic change is faster and has more scale range. Therefore, edge of chaos processes can accommodate quick, major corrections to create structure, and so come first. Evolutionary processes require order and create gradual, finely tuned change. They come second. Finally, time pacing becomes relevant once the system is actually changing effectively“ (1998, S. 209; Hervorhebungen im Text).

Zunächst fällt die theoretisch wenig trennscharfe Sprache auf, die die Begrifflichkeit von KT und klassischer Evolutionstheorie miteinander vermischt. Worin komplexitätstheoretisch genau der Unterschied zwischen „Edge of Chaos“- and „Edge of Time“-Prozessen liegen soll, ist unklar, ebenso, was es bedeuten soll, dass „Edge of Chaos“-Prozesse dialektisch, „Edge of Time“-Prozesse hingegen evolutionär sein sollen. Auf die irreführende Verwendung der in der KT präzise definierten Begriffe der Fehler- und Komplexitätskatastrophe wurde bereits hingewiesen. Warum Prozesse am Rand des Chaos vor den Prozessen am „Zeitrand“ kommen sollen, bleibt unverständlich, sieht man von der Begründung ab, dass evolutionärer Wandel bereits strukturierte Systeme am Rand des Chaos voraussetze. Systeme am Rande des Chaos verfügen über eine selbstorganisierte Kritizität und können, wie bereits angemerkt, durchaus einer Dynamik durchbrochener Gleichgewichte folgen. In diesem Zusammenhang sei noch einmal an die großen Aussterbeereignisse in der Evolution erinnert, etwa das Artensterben am Ende des Perm, das praktisch in jedem Buch zur KT erwähnt wird. Umgekehrt gibt es in der

Evolution aber auch Phasen besonderer Kreativität, etwa die sogenannte Kambrische Explosion, in der möglicherweise in einer erdgeschichtlich relativ kurzen Zeit die grundlegenden Baupläne aller zur Zeit auf der Welt existierenden 30 Hauptstämme evolvierten (vgl. Gould 1994). „Explodieren und Aussterben“ heißt denn auch das Motto, unter dem Lewin (1993, Kap. 4) diese Vorgänge zusammenfasst. Wenn man schon in einem gewagten Analogieschluss biologische und technologische bzw. ökonomische Evolution verbinden möchte, bietet sich also eher die Parallele zwischen Kambrischer Explosion und Explosion in der Informationstechnologie, sowie Artensterben am Ende des Perm und Zusammenbruch des Neuen Marktes an.

Ausschlaggebend für die aus meiner Sicht einseitig evolutionär-gradualistische Darstellung von Brown und Eisenhardt ist wohl die theoretische Stoßrichtung gegen Modelle des durchbrochenen Gleichgewichts, die mit konsistenztheoretischen Argumenten in der nunmehr klassischen Arbeit von Miller und Friesen (1984) auch auf die Organisationstheorie übertragen wurden (vgl. auch Kap. 4.2). Gerade das konsistenztheoretische Argument von einem systemischen Lock-in in einen bestimmten Organisationsarchetyp macht auch komplexitätstheoretisch Sinn. Allerdings rechtfertigt das nicht - das sollte in einer Arbeit über die Problematik der Übertragung naturwissenschaftlich geprägter Denkmodelle auf sozialwissenschaftliche Zusammenhänge zumindest nicht unerwähnt bleiben - die Übernahme der quantentheoretischen Begrifflichkeit. Sowohl theoretisch wie auch empirisch spricht also vieles für ein Modell durchbrochener Gleichgewichte auch in der Organisationstheorie. Der kurze Zeitraum, der der empirischen Arbeit von Brown und Eisenhardt zugrunde liegt, reicht jedenfalls nicht für ein begründetes Gegenargument aus. Als Fazit bleibt die Anerkennung einer soliden empirischen Arbeit über Managementpraktiken in der Computerindustrie in den frühen 90er Jahren, verbunden mit einigen Fragezeichen, was die komplexitätstheoretische Begründung der allgemeinen Empfehlungen für die Managementpraxis angeht.

## **5.2. Quasi-naturalistische Organisations- und Managementtheorie**

McKelvey entwickelt seine Vorstellung einer quasi-naturalistischen Organisationstheorie in einem Perspektivartikel der Zeitschrift *Organization Science* (McKelvey 1997). Ausgangspunkt ist das Bestreben, den Krieg der Paradigmen in der Organisationstheorie zu beenden, indem ausdrücklich der zugleich natürliche und intentionale Charakter organisationaler Phänomene anerkannt wird. „I suggest that the continuation of the paradigm

war construes the problem as in „either-or“ choice between objective/natural and subjective/intentional phenomena, when in fact the most interesting aspect of organizations is the continual transition between the two phenomena“ (1997, S. 374). Allerdings, das sei hier schon angemerkt, gelingt es McKelvey nicht, theoretisch konstruktiv zu präzisieren, was er unter dem ständigen Übergang zwischen durch natürliche und durch intentionale Ursachen hervorgerufenen Phänomenen meint. McKelvey verspricht in seinem Aufsatz eine Synthese von „Intentionality, Transition Phenomena, Coevolutionary Theory, Scientific Realism, Semantic Conception Epistemology, Analytical Mechanics, and Complexity Theory“ (1997, S. 374), ohne aber genauer sagen zu können, worin diese Synthese eigentlich bestehen soll. Statt dessen konzentriert er sich auf die naturalistische Seite des Projekts und geht in seinen folgenden Überlegungen von der unmittelbaren Bedeutung komplexitätstheoretischer Einsichten für das Verständnis auch organisationaler Komplexität aus.

„Ultimately, when the natural science side is more fully developed, we can look forward to exploring the most interesting part of our science: the transition phenomena lying between intentionally caused and naturally caused organizational phenomena. A quasi-natural organization science could end the paradigm war“ (1997, S. 374). In ihrer konkreten Umsetzung ist McKelveys quasi-naturalistische Organisationstheorie also zunächst einmal eine naturalistische, die die direkte Anwendung komplexitätstheoretischer Modelle auf organisationstheoretische Fragestellungen im Sinn hat. Dem faktisch in den Bereich zukünftiger Entwicklungen verbannten Gedanken einer wirklichen Synthese zwischen naturalistischer und intentionalistischer Sicht werde ich, wie bereits angekündigt, im nächsten Kapitel wieder aufgreifen. Zunächst soll es aber darum gehen, die nach meinem Kenntnisstand elaborierteste direkte Übertragung eines komplexitätstheoretischen Modells, nämlich des Modells der NKSC-Fitnesslandschaften, auf managementtheoretische Fragestellungen (McKelvey 1999a, b, c) zu kommentieren.<sup>14</sup>

Da McKelvey als ein Hauptvertreter des populationsökologischen Ansatzes (vgl. McKelvey /Aldrich 1983) bekannt ist, erscheint es mir sinnvoll zu sein, seine komplexitätstheoretischen Arbeiten als Erweiterungen dieses Ansatzes vorzustellen. Verkürzt gesagt handelt es sich bei den NKSC-Fitnesslandschaften um Modelle, die die bereits in der Populationsökologie

---

<sup>14</sup> Interessante Anwendungen des NK-Modells der KT auf Probleme der Organisations- und Managementforschung finden sich u.a. bei Levinthal (1997), Baum (1999), Levinthal und Warglien (1999) und Boisot und Child (1999). Dabei hat die komplexitätstheoretische Interpretation des I-Space durch Boisot und Child zwar eher qualitativen Charakter, ist aber in Hinblick auf die organisationstheoretischen Implikationen besonders relevant.

enthaltene Außenperspektive der Selektion durch die Umwelt durch eine Innenperspektive der endogenen Organisationsentwicklung ergänzen. Organisationen werden zunächst als intern strukturiert im Sinne einer NK-Fitnesslandschaft verstanden, d.h. als aus N Elementen bestehend, die jeweils K-fach intern vernetzt sind. Konkret bezieht sich McKelvey hier auf die Theorie der Wertschöpfungsketten von Porter (1985, 1996) und betrachtet die Kompetenzen der Wertschöpfungskette einer Firma als Elemente des Modells. Zur Begründung führt McKelvey an, dass sich Kompetenzen wegen ihrer direkten Bedeutung für die kompetitive Fitness einer Firma in besonderer Weise als Grundbausteine für die Modellbildung eignen. Firmen werden also als vernetzte Kompetenzen angesehen, wobei McKelvey mit Porter noch einmal zwischen primären und unterstützenden Kompetenzen unterscheidet. Insbesondere wegen ihrer Anschlussfähigkeit an die ressourcenorientierte Betrachtungsweise der Firma erscheint mir eine solche Vorgehensweise einleuchtend.

Weiter ist positiv zu vermerken, dass McKelvey damit an die Sicht der Firma als Bündel von Kompetenzen anknüpft, die auch seinem populationsökologischen Ansatz zugrunde liegt. Allerdings wird nun die Interdependenz zwischen den Kompetenzen explizit modelliert und durch den Parameter K symbolisiert, der die Anzahl der Abhängigkeiten jeweils einer Kompetenz von den anderen Kompetenzen im Kompetenzgeflecht einer Firma angibt. Damit wird berücksichtigt, dass sich der Fitnessbeitrag der in einer spezifischen Kompetenz repräsentierten Problemlösung in Abhängigkeit von den anderen mit dieser Kompetenz verbundenen Kompetenzen verändern kann. Allerdings muss betont werden, dass damit nichts über die Organisation dieser Kompetenzen, etwa als Abteilungen oder als abteilungsübergreifende Projektgruppen innerhalb der Firma, gesagt wird (vgl. McKelvey 1999a, S. 297). Gerade hier scheint mir ein erhebliches Potenzial für zusätzliche managementtheoretische Überlegungen zu liegen, denn offensichtlich hängen die später noch genauer zu spezifizierenden Variationsmechanismen gerade auch von der Art der innerbetrieblichen Organisation dieser Kompetenzen ab.

Man könnte das so spezifizierte NK-Modell einer Fitnesslandschaft für ein Unternehmen nun isoliert aus der Binnenperspektive betrachten und versuchen, ähnliche, allerdings auf einer abstrakteren Ebene angesiedelte Managementempfehlungen abzuleiten, wie dies Brown und Eisenhardt getan haben. Das NKSC-Modell verknüpft aber, wie bereits gesagt, Binnen- und Außenperspektive. Die bisher isoliert betrachtete Firma ist nur eine von insgesamt S Firmen des Modells, die im gleichen Marktsegment miteinander konkurrieren. Die Konkurrenz dieser

S Firmen untereinander impliziert modelltechnisch die Interdependenz der Fitnesslandschaften. Verändert sich in dem Kompetenzgeflecht einer fokalen Firma ein Element, so hat dies nicht nur Auswirkungen auf die Fitness dieser und anderer, damit K-fach verbundener Kompetenzen innerhalb dieser Firma und damit insgesamt auf deren Fitnesslandschaft, sondern auch auf die Fitness der Kompetenzen derjenigen Firmen, die kooperativ oder kompetitiv mit der fokalen Firma über diese Kompetenz vernetzt sind. Die Anzahl der Interdependenzen, durch die jede Firma mit den anderen Firmen des Marktsegments über Kompetenzverbindungen gekoppelt ist, wird im Modell mit C bezeichnet. Insgesamt sind also jeweils C Kompetenzen in anderen Firmen betroffen, wenn sich die Fitnesslandschaft der fokalen Firma durch eine Innovation grundlegend verändert. Das NKSC-Modell beschreibt also die Koevolution von S Firmen, die jeweils C-fach vernetzt sind, wobei jede Firma selbst wieder durch die evolutionäre Dynamik ihrer N K-fach vernetzten Kompetenzen repräsentiert ist.

Bevor ich das Modelldesign und dessen organisationstheoretischen Implikationen kritisch kommentiere, sollen zunächst kurz die Bedingungen der Modellsimulation erörtert und ihre zentralen Ergebnisse vorgestellt werden. Zunächst muss hervorgehoben werden, dass das NKSC-Modell, ebenso wie das einfachere NK-Modell (vgl. Kap. 4.2), ein Zufallsmodell darstellt. Sowohl die innere Vernetzung der Kompetenzen (jeweils K pro Kompetenz) als auch die äußeren Vernetzungen zwischen den Firmen (jeweils C zwischen je zwei Firmen) werden zufällig generiert. Das Gleiche gilt für die Zuordnung der Fitnesswerte der Kompetenzen in Abhängigkeit von den Zuständen der mit ihr intern oder extern verbundenen Kompetenzen. Die Gesamtfitness einer Firma berechnet sich dann als Durchschnittswert der Fitness aller Kompetenzen dieser Firma. Dabei hängt der Grad der Zerklüftung der gesamten koevolutionären Fitnesslandschaft der S Firmen nicht nur von der Stärke der inneren Vernetzung K und der Stärke der äußeren Vernetzung C, sondern wegen der Verschränkung von Binnen- und Außenperspektive auch von der Relation zwischen K und C ab.

Die Evolution wird simuliert, indem pro Iterationsschritt (Generation) für jede Firma eine zufällig ausgewählte Kompetenz verändert wird.<sup>15</sup> Sodann werden die sich daraus ergebenden Fitnessveränderungen für alle Kompetenzen der Firma ermittelt und daraus die veränderte Gesamtfitness berechnet. Die Firma übernimmt die in der Kompetenzänderung repräsentierte Innovation genau dann, wenn die neue Gesamtfitness größer ist als die alte. Da sich im

---

<sup>15</sup> In dem von McKelvey diskutierten einfachsten Fall kann jede Kompetenz genau zwei Werte annehmen.

gleichen Iterationsschritt auch Kompetenzen in konkurrierenden Firmen verändern können, die koevolutionär mit der fokalen Firma verbunden sind, ändert sich die Fitness einer Firma in jeder Generation damit letztlich unkalkulierbar, auch wenn sich die Firma lokal rational verhält, also nur solche Kompetenzänderungen akzeptiert, die ihre Gesamtfitness zumindest aus der Binnenperspektive erhöhen. Über die Generationen entwickelt sich dann in der Regel ein koevolutionär stabiler Zustand, der aus der Sicht der Firmen als Nash-Gleichgewicht interpretiert werden kann (vgl. Kauffman 1993, 1996). Genauer gesagt, die Simulationsexperimente geben darüber Auskunft, ob und in wie vielen Generationen ein stationärer Zustand im Sinne evolutionär stabiler Strategien erreicht wird und welches Fitnessniveau der Firmen sich dabei einstellt – und zwar jeweils in Abhängigkeit von den Parametern N, K, S und C.<sup>16</sup>

Die Ergebnisse der Simulationsexperimente sind, wen würde das überraschen, selbst wieder außerordentlich komplex. Dabei ist zu berücksichtigen, dass McKelvey keine eigenen Simulationen durchführt, sondern sich allein auf die Ergebnisse stützt, die Kauffman (1993, S. 255 ff. und 1996, S. 334 ff.) veröffentlicht hat. Mit McKelvey (1999b, S. 300 ff.) kann man die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

1. Generell zeigt sich eine umgekehrt U-förmige Beziehung zwischen Fitness und Komplexität.
2. Ein größeres K (interne Komplexität) erhöht tendenziell das Risiko einer Komplexitätskatastrophe, während ein größeres C (äußere Komplexität) tendenziell die Gefahr einer Komplexitätskatastrophe verringert.
3. Generell ist es die beste Strategie, die eigene innere Komplexität gerade unter der des Konkurrenten zu halten (Simulationsexperiment mit  $S = 2$ ).
4. Generell sollte eine Firma versuchen zu erreichen, dass sich innere und äußere Komplexität die Waage halten. Das bedeutet auch, dass Firmen, deren innere Komplexität deutlich unter der des Marktes liegt, durch Angriffe von Wettbewerbern besonders verwundbar sind.
5. Auch wenn die Anzahl N der Kompetenzen in einem Unternehmen relativ groß ist, muss die Zahl der inneren koevolutionären Interdependenzen K begrenzt bleiben, wenn die Komplexitätskatastrophe vermieden werden soll.

---

<sup>16</sup> Eine wichtige, hier allerdings nicht weiter zu erörternde Frage ist, ob es nicht theoretisch sinnvoller gewesen wäre, die Dynamik der Simulation zu untersuchen, anstatt den sich eventuell einstellenden stabilen Endzustand zu betrachten, der sich oft erst nach Tausenden von Generationen einstellt. Dieser Einwand betrifft zunächst die Darstellung von McKelvey. McKelvey ist allerdings, wie bereits gesagt, auf die Ergebnisse der Simulationen von Kauffman angewiesen, da er keine eigenen Simulationsexperimente durchführt.

Insgesamt suggeriert die Interpretation der Simulationsexperimente Kauffmans mit NKSC-Modellen durch McKelvey, dass Firmen sich dann am besten entwickeln, wenn sie sich auf Märkten mit moderatem Wettbewerbsdruck (mittleres C) so anpassen, dass ihre innere Komplexität (K) in etwa der Marktkomplexität entspricht. In Anlehnung an Ashby (1974) könnte man daher zusammenfassend auch von einem Gesetz der erforderlichen Komplexität sprechen.

Ohne Zweifel repräsentieren McKelveys Arbeiten den bisher elaboriertesten Versuch einer direkten Übertragung komplexitätstheoretischer Modelle auf organisationstheoretische Fragestellungen. Hervorzuheben ist, dass der populationsökologische Ansatz durch die zusätzliche Berücksichtigung der internen Strukturen der Firmen entscheidend erweitert wird. Geblieben ist allerdings eine Sicht der Firma als nunmehr strukturiertes Bündel von Kompetenzen, das letztlich in Analogie zum Genotyp verstanden wird. So argumentiert McKelvey: „It seems reasonable to conclude that the complexity theorists’ assumption also applies to firms, and that most day-to-day human interaction events in firms are stochastically idiosyncratic. Substitute *part* for *allele* and *firm* for *genotype*, and the earlier quote from Kauffman fits organization science“ (McKelvey 1999a, S. 298; Hervorhebungen im Text). Eine spezifische Kompetenz (*part*) wird also als Allele, d.h. als ein spezifischer Genzustand, aufgefasst, und die Firma insgesamt repräsentiert einen bestimmten Genotyp. Im Zitat wird aber auch eine spezifische theoretische Unschärfe deutlich, die direkt zum Kern der Kritik an der naturalistischen Interpretation von Organisationsprozessen durch McKelvey führt: Abhängigkeiten zwischen den Kompetenzen einer Firma, die im Modell K-fach stochastisch repräsentiert sind, werden umstandslos mit menschlichen Interaktionen in Verbindung gebracht.

Da dieser Punkt theoretisch zentral ist, lohnt es sich, hier auch das von McKelvey erwähnte Zitat von Kauffman in voller Länge wiederzugeben: „The ways in which different alleles at the N loci might be coupled to one another epistatically to produce an overall fitness for each genotype might be extraordinarily complex. In general, we truly have almost no idea what those mutual influences on overall fitness might be. ... This complexity suggests that it might be useful to confess our total ignorance and admit that, for different genes and those which epistatically affect them, essentially arbitrary interactions are possible. Then we might attempt to capture the statistical feature of such webs of epistatic interactions by assuming that the interactions are so complex that we can model the statistical features of their consequences

with a random fitness function“ (Kauffman 1993, S. 41). Das Zitat macht deutlich, dass Kauffman von epistatischen Wechselwirkungen zwischen Allelen in einem Genom spricht und aus der Not der eingeräumten totalen Unwissenheit über diese Wechselwirkungen die Tugend der stochastischen Modellierung macht. Als Konsequenz aus diesem Argument sind natürlich auch die kompetitiven Kopplungen innerhalb und zwischen den Firmen im Modell zufällig. Das Gleiche gilt auch für die darauf aufbauenden Fitnessfunktionen.

Natürlich liegt es hier nahe, kritisch auf den stochastischen Charakter des NKSC-Modells einzugehen. Es ist nicht schwierig, darin eine grundlegende theoretische Problematik der Modellierung zu erkennen. Denn gerade im Falle von Firmen erscheint es durchaus nicht unmöglich, grundlegende Kompetenzen und die Art ihrer Verflechtungen theoretisch genauer zu spezifizieren und auch empirisch zu erfassen. Das gleiche müsste entsprechend auch für die Interdependenzen der Kompetenzen zwischen den Firmen geschehen, eine Aufgabe, die zwar erheblich schwieriger sein dürfte, zumindest auf kleineren, überschaubaren Märkten aber durchaus ansatzweise zu bewältigen sein sollte. Theoretisch außerordentlich schwierig wäre allerdings die Konstruktion von Fitnessfunktionen auf der Grundlage empirischer Gegebenheiten. Grundsätzlich kann bezweifelt werden, ob ein eindimensionales Maß geeignet ist, ein so vielschichtiges Konzept wie das der Fitness zu erfassen. Offensichtlich sehen sich Unternehmen in der Realität einer Vielzahl sich teilweise widersprechender und oft nur ungenau spezifizierter Anforderungen ausgesetzt, die sich nur schwer in ein skalares Fitnessmaß übersetzen lassen (vgl. z.B. Meyer/Rowan 1977; Ortmann 1995). Insgesamt ist offensichtlich, dass der stochastische Aufbau des NKSC-Modells eine grundlegende theoretische Problematik verdeckt. Die Übertragung der auf dieser Grundlage gewonnenen Simulationsergebnisse auf organisationstheoretische Fragestellungen ist also grundsätzlich nur mit Einschränkungen möglich. Allerdings, und darauf sollten die vorangegangenen Argumente vor allem abzielen, erscheint es möglich, hier im Rahmen des naturalistischen Ansatzes gewissermaßen im Zuge normalwissenschaftlicher Forschung Ergänzungen und Weiterentwicklungen vorzunehmen, um das Modell realitätsnäher zu gestalten.

Wesentlich tiefer zielt hingegen der sozialtheoretisch grundlegende Einwand gegen das stochastische Herausmitteln sogenannter aktorenspezifischer Idiosynkrasien. McKelvey wendet nämlich das Argument von Kauffman in theoretisch signifikanter Weise und spricht in dem vorher angeführten Zitat von Interaktionen zwischen Akteuren und damit letztlich von menschlichen Handlungen. Eine sinngemäße Übertragung der Überlegungen Kauffmans auf

den firmenspezifischen Anwendungskontext hätte sich dagegen lediglich auf die Wechselwirkungen zwischen Kompetenzen und die darauf aufbauenden Fitnessfunktionen beziehen müssen. Akteure und ihre sinnhaft-intentionalen Handlungen werden im naturalistischen Modellkontext als stochastisch-idiosynkratische Mikrozustände aufgefasst (vgl. dazu ausführlich McKelvey 1997) und damit letztlich aus dem Modell herausdefiniert, oder, um es in der Sprache Kauffmans und McKelveys zu formulieren, der Genotyp hat theoretische Priorität vor dem Phenotyp. Die letzte Formulierung macht klar, dass es sich um ein theoretisches Defizit handelt, das gerade die Verbindung zwischen der naturalistischen und der intentionalistischen Seite des quasi-naturalistischen Ansatzes betrifft.<sup>17</sup>

Besonders deutlich wird die handlungstheoretische Leerstelle im Ansatz von McKelvey, wenn versucht wird, eine Verbindung zu den organisationstheoretischen Arbeiten in der Tradition der sozialen Netzwerkanalyse (vgl. Kappelhoff 2000b; Windeler 2001) herzustellen. Wiederholt bleibt McKelvey nichts anderes übrig, als den grundlegenden Unterschied seiner modelltheoretischen Konzeptualisierung im Vergleich zum Netzwerkansatz hervorzuheben, etwa wenn es um den Vergleich der Vernetzungsdichte im NKSC-Modell und der Beziehungsdichte in sozialen Netzwerken geht oder um Versuche, eine Verbindung zur Theorie der strukturellen Löcher von Burt (1992) herzustellen. Ein weiterer Schwachpunkt des NKSC-Modells, der direkt mit der theoretischen Elimination sozialer Akteure aus dem Modell im Zusammenhang steht, ist die Art des Variationsmechanismus. Geht man nämlich entgegen den Modellannahmen davon aus, dass Kompetenzen sozial organisiert und entweder in Abteilungen fokussiert oder in abteilungsübergreifenden Projektgruppen angesiedelt sein können, dann wird klar, dass der Variationsmechanismus des Modells, der die zufällige Veränderung einer Kompetenz pro Generation vorsieht, die organisationale Wirklichkeit der Firma weitgehend verfehlt. Dabei wäre gerade der Bereich der Variationsmechanismen ein geeignetes Feld gewesen, den Versuch zu machen, menschliche Intentionalität und strategische Planung in das Modell einzuführen.

---

<sup>17</sup> Allerdings kann auch schon im Hinblick auf die biologische Evolution analytisch zwischen genetischem Code und ökologischem Prozess unterschieden werden, ebenso wie analog in der kulturellen Evolution symbolisch codierte Regeln (und darunter müsste man auch McKelveys Kompetenzen fassen) und soziale Prozesse analytisch getrennt werden können. Insgesamt ist ein theoretischer Ansatz nur dann vollständig, wenn er diese Dualität von Code und Prozess als analytisch getrennten Komponenten in ein umfassendes Modell integriert (vgl. auch die Diskussion in Kap. 6).

### 5.3 Revolutionäres Management aus konstruktivistischer Sicht

Bereits in dem Sonderheft von *Organization* aus dem Jahre 1998 wird die KT aus Sicht einer konstruktivistischen Organisationstheorie interpretiert und auch die Zeitschrift *Emergence* ist stark dem konstruktivistischen Paradigma verpflichtet. Auf den ersten Blick ist diese Verbindung von Komplexitätstheorie, konstruktivistischen Positionen in den Sozialwissenschaften und postmoderner Philosophie (vgl. Cilliers 1998) etwas überraschend. Grundsätzlich kann die konstruktivistische Organisationstheorie als Spielart der interpretativen Organisationstheorie verstanden werden, gehört also zum interpretativen Paradigma (vgl. Giddens 1984). Im Mittelpunkt des theoretischen Interesses steht der konstruktive Prozess des Organisierens (Weick 1985) und damit das offene und kreative, gleichzeitig aber auch regelgeleitete Aushandeln von Regelsystemen als rekursiver Prozess (vgl. Burns/Flam 1987). Aber im Unterschied zu den grundsätzlich der Tradition der Moderne verpflichteten interpretativen Ansätzen in der Organisationstheorie<sup>18</sup> orientieren sich die konstruktivistischen Ansätze eher am postmodernen Denkstil. Wenn man polare Gegenüberstellungen bevorzugt, kann man die konstruktivistischen Ansätze als Gegenposition zur vorne geschilderten Position der dritten Kultur ansehen (vgl. Kap. 3). Das Ziel ist zunächst die Dekonstruktion der modernen Naturwissenschaften und dann ihre kreative Verwendung als Text im sozialwissenschaftlichen Kontext. Grundlegend ist dabei die bereits ausführlich diskutierte Gegenüberstellung von alter Newtonscher und damit linearer und neuer nichtlinearer Wissenschaft. So favorisiert etwa Tsoukas (1998) einen von ihm sogenannten chaotischen Denkstil: „The Newtonian style, whose most significant feature has been the pursuit of decontextualized ideal, is gradually receding in favour of the chaotic style – the ability to notice instability, disorder, novelty, emergence and self-organization. ... The chaotic style, by privileging qualitative analysis, favours narrative descriptions of organizational phenomena“ (1998, S. 291). Für die Organisationstheorie bleibt von den Modellen der KT nach deren konstruktivistischer Vereinnahmung nicht viel mehr als das Einfließen der Metaphern der KT als kreativ zu interpretierende Texte in den breiten Strom narrativer Organisationsbeschreibungen. Aus den gerade diskutierten berechtigten Einwänden gegen die direkte Übertragung naturalistisch inspirierter Modelle der KT auf organisationale Zusammenhänge wird also unter der Hand ein Argument gegen die Anwendbarkeit komplexitätstheoretischer Modelle in den Sozialwissenschaften überhaupt, verbunden mit

---

<sup>18</sup> So begreifen etwa Ortmann, Sydow und Windeler (1997) Organisation in der Nachfolge von Giddens (1988) als reflexive Strukturierung.

einem Plädoyer für ein eigenständiges Komplexitätsdenken, das von Kunst, Literatur und Philosophie inspiriert ist (vgl. Chia 1998).

Ein wenig differenzierter ist die Position von Griffin, Shaw und Stacey (1998), die mehrere Spielarten der KT unterscheiden. Im Lager der traditionellen Wissenschaft sehen sie eine KT, die Objektivität, Kontrolle und individuelles Handeln betont und ihrer Meinung nach von Holland und teilweise auch von Kauffman repräsentiert wird. Auch in der Darstellung von Morgan (1998), der die KT unter die von ihm besprochenen Leitbilder der Organisation einreicht, erkennen die Autoren dieses objektivistische Ideal. Dem stellen sie eine intersubjektive, emergentistische KT entgegen, die ein dezentriertes Verständnis individueller Handlungen vertritt. Eine derart konstruktivistisch verstandene KT wird dann mit Elementen des sozialen Konstruktivismus und der analytischen Gruppentherapie zu einer spezifischen Form des Komplexitätsmanagements verbunden, das Stacey (1995, 1997) als revolutionäres Management bezeichnet. Da ich diesen Ansatz an anderer Stelle schon ausführlich kritisch gewürdigt habe (Kappelhoff 2000a; vgl. auch Rosenhead 1998), möchte ich an dieser Stelle aus Platzgründen nicht näher darauf eingehen. Hier sei lediglich betont, dass sich revolutionäres Management als gruppentherapeutisch inspiriertes Change-Management in seiner Vorgehensweise meiner Meinung nach nicht grundsätzlich von vergleichbaren anderen Ansätzen dieser Art unterscheidet

Theoretisch ergiebiger erscheint mir die grundsätzliche theoretische Auseinandersetzung mit der konstruktivistischen Position. Der Grund für mein Interesse ist, dass ich in der Analyse zwar weitgehend mit der konstruktivistischen Kritik an einer naturalistisch verstandenen KT übereinstimme, die daraus gezogenen Konsequenzen sozialtheoretischer, methodischer und wissenschaftstheoretischer Art aber überhaupt nicht nachvollziehen kann. So wiederholt Stacey (2000) noch einmal die Einwände gegen eine objektivistische Wissenschaft, zu der er die Systemtheorie und auch die KT rechnet, zumindest insofern, als sie die Systemdynamik als Entfaltung einer schon im System vorhandenen Tendenz der Strukturierung, also als Evolution im wörtlichen Sinne, verstehen. Unter dieses Verdikt fällt auch das von Gell-Mann (1994) und Holland (1998) entwickelte Verständnis von Emergenz, das Oberflächenkomplexität durch Tiefeneinfachheit erklären möchte. Auch in der Managementtheorie erkennt Stacey dieses objektivistische „Mainstream-Denken“ (Stacey 2000, S. 25). Explizit erwähnt werden Ansätze des organisationalen Lernens (z.B. Senge 1990) und des Wissensmanagements (vgl. dazu Willke 1998), die nach Stacey dem

objektivistischen Modell des Geistes aus der kognitiven Psychologie verpflichtet sind. Der entscheidende Unterschied zur konstruktivistischen Position ist dabei nicht der zwischen Lernen erster und zweiter Ordnung (Argyris/Schön 1978), die beide der Systemtheorie und damit der objektivistischen Seite zuordnet werden. Entscheidend ist, ob Wissen, egal ob als explizites oder latentes Wissen, als in den Köpfen der Organisationsmitglieder codiert und zwischen diesen als kommunizierbar angesehen wird, oder ob es als ein „complex responsive process of relating“ (Stacey 2000, S. 23) erscheint. In der Konzeption von Stacey ist Wissen also unmittelbar mit den relationalen, individualistischen nicht auflösbaren organisationalen Prozessen verbunden, die sich kreativ und systemisch unberechenbar entfalten. „A key question then becomes whether a team, group, or organization can be said to learn, or whether it is just their individual members who do so“ (Stacey 2000, S. 24).

Der Vorteil von Staceys Argumentation ist, dass er sie sozialtheoretisch explizit in der Position des symbolischen Interaktionismus von Mead zu verankern sucht und gleichzeitig eine Beziehung zur parallelen Informationsverarbeitung herstellt, wie sie für Multiagentensysteme aus den Bereichen KI, KL und KG typisch ist. Die Argumente von Stacey sind meiner Einschätzung nach sozialtheoretisch von zentraler Bedeutung. Dabei wirft es ein bezeichnendes Licht auf den gegenwärtigen Stand der sozialtheoretischen Diskussion, dass gerade der Rückgriff auf die emergentistische Position des naturalistischen Philosophen und Sozialbehavioristen Mead auch heute noch behilflich sein kann und muss, um grundlegende Theoriefragen zu analysieren. Zugleich bezieht Stacey aber auch die bekannte TIERRA-Simulation von Ray (1992, 1995) mit in sein Argument ein, so dass die Auseinandersetzung mit der KT modelltheoretisch fundiert erfolgen kann. Die TIERRA-Simulation ist ein Kernstück der modernen KL-Forschung. Den Rahmen des Modells bildet ein virtueller Computer, in dem selbstreplikationsfähige Programme als Organismen um Kernspeicher (Raum) und Rechenzeit (Energie) konkurrieren. Es gibt lediglich ein implizites Fitnesskriterium, da nur die Organismen, denen es gelingt, für sich genügend Raum und Energie zu beanspruchen, sich reproduzieren, d.h. überleben können. Die Faszination des Modells im Argumentationszusammenhang Staceys ist, dass es ein Modell verteilten Wissens in Form der in den einzelnen Organismen als Anweisung zur Selbstreplikation enthaltenen Programme darstellt. Dieses Wissen wird erst interaktiv, d.h. durch das parallele Agieren der durch diese Selbstreplikationsprogramme gesteuerten Organismen, lebendig. Darüber hinaus besitzt das Modell eine kreative Komponente in Form eines zufallsgesteuerten genetischen Algorithmus (Holland 1992), durch den ständig lokal neue Wissens Elemente erzeugt und

getestet werden. Stacey kommentiert: „This instability within constraints made it possible for the interaction to generate novel attractors. ... In other words, new forms of individual symbol patterns and new overall global patterns emerged at the same time“ (2000, S. 28). Dann folgt die zentrale Schlussfolgerung: „The new attractors are not designed but emerge as self-organization, where it is not individual agents that are organizing themselves but, rather, the pattern of interaction, and it is doing so simultaneously at the level of the individuals and the population as a whole“ (2000, S. 29). Dieser Einschätzung ist kaum etwas hinzuzufügen, sie entspricht genau den Vorstellungen Meads und ist auch in Einklang mit meiner Position, die Naturalismus und Emergentismus miteinander verbindet.

Die Notwendigkeit einer neuen Wissenschaft ist aus diesen Argumenten allerdings nicht herauszulesen. Abstrakte Modelle stellen methodische Werkzeuge dar, mit denen theoretische Probleme auf der Grundlage eines qualitativen Modelldenkens abstrakt analysiert werden können. Genau dies geschieht in der KT mit dem Versuch, allgemeine Regeln der Evolution von KAS zu entdecken. Die substanzwissenschaftlich eigentlich interessanten Fragen ergeben sich erst dann, wenn diese Modelle im jeweiligen Anwendungskontext interpretiert und respezifiziert worden sind. Dazu gehören aus sozialtheoretischer Sicht vor allem Fragen nach der Charakterisierung der für sozialwissenschaftliche Modelle notwendigen steuernden Komplexität, und zwar in sachlicher, sozialer, zeitlicher, kognitiver und operativer Hinsicht, die in Form von symbolisch codierten Regeln auf die Agenten des Systems verteilt oder in der Architektur des Systems enthalten ist. Erst auf dieser grundsätzlichen Ebene kann die Frage nach der Reichweite komplexitätstheoretischer Modellierungen auf eine Weise diskutiert werden, die sozialtheoretisch nachvollziehbar und vor allem auch kritisierbar ist.

## 6. Sozialwissenschaftliche Komplexität und Management

Auch die Vertreter der KT haben eingeräumt, dass ein komplexitätstheoretisches Rahmenmodell, das „die Verzahnung von Selbstorganisation, Selektion, Zufall und planmäßiger Gestaltung“ erfasst, noch nicht existiert (Kauffman 1996, S. 281). Sieht man einmal von dem sicher sehr ehrgeizigen Ziel der KT ab, eine allgemeine Theorie der Evolution einer evolutionsfähigen Ordnung zu entwickeln, liegt der Grund wohl vor allem darin, dass eine angemessene Berücksichtigung der Gestaltungsdimension eine hinreichend komplexe Modellierung menschlicher Handlungskomplexität, d.h. eine neue Ebene emergenter Komplexität, erfordert. In den bereits existierenden Modellen der KT wird aber lediglich eine metaphysische oder metabiologische Stufe steuernder Komplexität erreicht. Das gilt auch für das gerade besprochene TIERRA-Modell, das zwar Selbstorganisation, Selektion und Zufallsvariation miteinander verbindet, aber nur elementare Regeln zur Selbstreproduktion der beteiligten Organismen enthält, also nicht einmal ansatzweise in der Lage ist, in den Bereich der Modellierung planerischer Gestaltung vorzudringen. Staceys Hinweis auf Mead macht in diesem Zusammenhang lediglich deutlich, dass zwar von Seiten der qualitativen Soziologie mit Recht immer wieder auf die Defizite rein naturalistisch inspirierter Modellierungen hingewiesen wird. Darüber hinausgehende Versuche, zu einer Modellierung genuin metasozilogischer Komplexität zu gelangen, gibt es aber kaum – sie werden in den meisten Fällen wohl auch für aussichtslos gehalten.

Wenn man vor dem Hintergrund einer naturalistisch-emergentistischen Position die Herausforderung der dritten Kultur ernst nimmt und einen wirklichen Versuch unternemen möchte, die Trennlinien zwischen den beiden Kulturen durchlässiger zu machen, kommt man also nicht umhin, neue Fragen zu stellen. Welche Ansätze zur Modellierung genuin metasozilogischer Komplexität gibt es bereits, insbesondere in der evolutionären Spieltheorie und Ökonomie und allgemein im Bereich der Modellierung künstlicher Gesellschaften als Multiagentensysteme? Aus sozialtheoretischer Sicht ist grundsätzlich zu fragen, worin genau die Besonderheiten der kulturellen im Gegensatz zur biologischen Evolution bestehen. Sind diese Besonderheiten zumindest teilweise einer Modellierung zugänglich, oder muss man sich hier grundsätzlich mit qualitativen sozialtheoretischen Argumenten zufrieden geben? Lassen die bereits existierenden sozialwissenschaftlichen Modelle aus der KT ein integratives Potential erkennen, das Einsichten aus den konkurrierenden sozialtheoretischen Paradigmen aufgreift und zu einem Modell

metasozioologischer Komplexität zusammenfasst? Wenn gezeigt werden kann, dass diese Frage zumindest grundsätzlich positiv beantwortet werden kann, eröffnen sich neue Möglichkeiten, zu einer komplexitätstheoretisch informierten Sozialtheorie zu gelangen, die auch ein neues Licht auf die Organisations- und Managementtheorie werfen kann. Neben rein metaphorischen und letztlich zu kurz greifenden rein naturalistischen Übertragungen komplexitätstheoretischer Einsichten auf Managementprobleme werden dann auch sozialtheoretisch fundiertere Analysen grundlegender Fragen der Managementlehre mit Hilfe komplexitätstheoretischer Instrumente möglich sein.

### **6.1. Metaphysikalische, metabiologische und metasozioologische Modelle**

Die meisten Modelle der KT sind Selbstorganisationsmodelle vor dem Hintergrund eines metaphysikalischen Weltbildes. Im Mittelpunkt dieser metaphysikalischen Modelle steht die komplexe Dynamik, die sich aus den nichtlinearen Wechselwirkungen zwischen Elementen ergibt. Anwendungsbereiche sind chemische Reaktionsnetzwerke, Zellen oder auch genomische und neuronale Netzwerke, die nach den allgemein gültigen Gesetzen der Physik und Chemie funktionieren. Selbstorganisationsmodelle der Synergetik, dissipative Strukturen und autopoietische Systeme gehören zu dieser Klasse von Modellen. Die minimal erforderliche Komplexität metabiologischer Modelle, die durch das Ineinandergreifen von blinder Variation und selektiver Reproduktion vor dem Hintergrund eines biologischen Codes und eines darauf aufbauenden biologischen Gestaltungsraums charakterisiert ist, wird dabei noch nicht erreicht. Auch die Booleschen NK-Zufallsmodelle müssen nach dieser Definition zur metaphysikalischen Modellklasse gerechnet werden. Demgegenüber gehört das Modell der NK-Fitnesslandschaften von Kauffman grundsätzlich zu den metabiologischen Modellen, nicht nur, weil es eine biologische Semantik verwendet und die optimale Gestaltung von Fitnesslandschaften zum Ziel hat, sondern weil es zumindest ansatzweise über einen eigenständigen biologischen Code und einen darauf aufbauenden biologischen Gestaltungsraum verfügt.

Den folgenden Überlegungen liegt die analytische Unterscheidung zwischen Replikanda und Interaktoren zugrunde. Danach sind die Regelsysteme, die den Gegenstand evolutionärer, konkret also metabiologischer und metasozioologischer Modelle bilden, zum einen auf der symbolischen Ebene als Replikanda, also als Gene oder kulturelle Regeln (Meme), codiert. Gleichzeitig steuern sie über ihre Expressionen als Interaktoren, also als Organismen oder

Akteure, den evolutionären Prozess. Im Fall des TIERRA-Modells sind die Replikanda selbstreplikationsfähige Programme, die über ihre Expressionen als Interaktoren in Form von Organismen der TIERRA-Welt die evolutionäre Dynamik gestalten. Die Unterscheidung zwischen Replikanda und Interaktoren geht auf Hull (1980) und Ghiselin (1997) zurück und läuft in vielerlei Hinsicht parallel zu ähnlichen Unterscheidungen im sozialwissenschaftlichen Kontext, etwa der zwischen Code und Prozess bei Giesen (1991), von Welt 3 und Welt 2 bei Popper (1984) oder von Kultur und interaktiven Prozessen bei Archer (1988). In allen Fällen geht es darum, die autonome Existenz eines symbolischen, biologischen oder kulturellen Gestaltungsraums und dessen Bedeutung für die Steuerung ökologischer oder sozialer Prozesse zunächst begrifflich und dann auch modelltheoretisch zu erfassen.

Modelle auf der Ebene metabiologischer Komplexität sind neben dem angesprochenen TIERRA-Modell vor allem Modelle der evolutionären Spieltheorie, zumindest insoweit, als sie durch einen evolutionären Mechanismus im oben skizzierten Sinne gekennzeichnet sind. Rein adaptive Modelle der evolutionären Spieltheorie, die mit einem fixen Satz von Strategien arbeiten, also über keinen blinden Variationsmechanismus verfügen und sich ganz auf die Anpassungsdynamik konzentrieren, können in diesem Zusammenhang als pseudo-metabiologische Modelle angesehen werden. Genuin metabiologische Modelle verfügen darüber hinaus über einen Gestaltungsraum, also einen Raum aller auf der Grundlage des verwendeten symbolischen Codes möglichen Strategien, und einen blinden Variationsmechanismus, der diesen Strategienraum erkundet. Darüber hinaus muss eine Ökologie bzw. ein soziales System spezifiziert werden, dass die Wechselwirkungen zwischen den Interaktoren beschreibt. Im Falle der evolutionären Spieltheorie sind die Interaktoren Agenten, die als Repräsentanten ihrer Strategien handeln. Aus diesen Wechselwirkungen ergibt sich eine soziale Dynamik, die letztlich über die Reproduktionschancen der Interaktoren gemäß einem extern definierten oder implizit gegebenen Fitnesskriterium entscheidet.

Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Vergleich zwischen dem spieltheoretischem Feldexperiment von Axelrod (1991) und den vielfältigen Simulationsexperimenten der evolutionären Spieltheorie auf der Grundlage von Multiagentensystemen, da daran der Unterschied zwischen metabiologischer und metasozialer Komplexität deutlicher wird. Ebenso wie in den Simulationen der evolutionären Spieltheorie sind auch die Teilnehmer des Feldexperiments im Turnier durch Programme repräsentiert, die gegeneinander das iterierte

Gefangenendilemma spielen. Allerdings hatten die Teilnehmer des Feldexperiments Gelegenheit, zwischen dem 1. und dem 2. Turnier ihre Programme im Lichte der Ergebnisse des 1. Turniers zu überdenken, zu überarbeiten und neu zu gestalten. Die dadurch in das Feldexperiment einfließende menschliche Analyse- und Planungsfähigkeit unterscheidet sich qualitativ von dem blinden Variationsmechanismus, der in den Simulationsexperimenten den Raum der mit dem verwendeten digitalen Code darstellbaren Strategien absucht.<sup>19</sup> Agenten in metabiologischen Modellen verfügen weder über eine „Theorie des Geistes“, also das Wissen darüber, dass auch die Interaktionspartner wissen, noch die Fähigkeit zur Rollenübernahme. Auch die Fähigkeit zu Operationen auf der Ebene abstrakter Begrifflichkeit, d.h. zum Denken im menschlichem Sinne, insbesondere auch die Konstruktion abstrakter Modelle zur Antizipation zukünftiger Ereignisse und damit zum Probehandeln, sind aufgrund der beschränkten Komplexität steuernder Regelsysteme für Agenten in metabiologischen Modellen nicht Gegenstand der steuernden Komplexität – kurz gesagt, metabiologische Modelle enthalten kein Agentenmodell, das der steuernden Komplexität menschlicher Handlungsfähigkeit entspricht.

Genuin metasoziozoologische Modelle müssten also auf der Grundlage eines eigenen symbolischen Codes und eines darauf gegründeten kulturellen Gestaltungsraumes operieren, in dem sich die Akteure des Modells lebensweltlich sinnvoll orientieren können. Die dazu erforderliche steuernde Komplexität des Modells in Hinblick auf den symbolischen Code selbst, den kulturellen Gestaltungsraum, das Akteursmodell, den Variationsmechanismus und die sozialen Selektionsprozesse kann natürlich mit dem heutigen Modellierungsinstrumentarium, wenn überhaupt, nur äußerst rudimentär dargestellt werden. Allerdings ist auch hier eine modulare Strategie erfolgversprechend, die zunächst einfache Teilmodelle mit geistanalogen Leistungen bereit stellt und diese dann wieder zu komplexeren Modellen vernetzt.<sup>20</sup> Bereits vorhanden sind einfache Modelle individuellen Lernens (z.B. Ackley/Littman 1992), sozialen Lernens (z.B. Lomborg 1996) und des Lernens zweiter Ordnung (z.B. Hales 1998), Modelle der Evolution sozialer Differenzierungen (z.B. Riolo 1997) und sozialer Netzwerke (z.B. Tesfatsion 1997), sowie, in unserem Zusammenhang von besonderem Interesse, der Evolution von Bedeutung (z.B. Miller et al. 1998). Hinzu kommen gut ausgearbeitete Theorien, etwa die der Rollenübernahme (Mead 1973), der Bildung von

---

<sup>19</sup> Die Art, wie die Strategien konkret digital codiert werden, kann entscheidenden Einfluss auf die evolutionäre Dynamik haben (vgl. Lindgren/Nordahl 1995).

<sup>20</sup> Gerade diese Vernetzung, also die intelligente Verknüpfung modularer Intelligenzleistungen zu einer neuen, emergenten Ebene der Informationsverarbeitung, ist aus meiner Sicht das zentrale Problem der KI-Forschung

Intentionen (Juarrero 1999) und der Fähigkeit zur Re-Determination [Freiheit] (Dörner 2000), die sich relativ direkt modelltechnisch umsetzen lassen.

Damit soll natürlich nicht behauptet werden, dass in der absehbaren Zukunft voll entwickelte metasoziologische Modelle zum Standardinstrumentarium der KT bei der Analyse realer sozialer Prozesse gehören werden. Immerhin zeigen die Hinweise auf bereits erfolgte Fortschritte und mögliche erfolgversprechende Entwicklungstendenzen im Bereich der Modellierung von Multiagentensystemen und KG aus meiner Sicht aber zweierlei: Zum einen sind die komplexitätstheoretischen Modelle weiter entwickelt, als dies die Anwendung des NKSC-Modells von McKelvey vermuten lässt. Die bereits heute verfügbaren Modelle der KT haben ein Niveau steuernder Komplexität erreicht, das weit über rein naturalistische Interpretationen im Sinne metabiologischer Modelle hinausgeht. Zum anderen zeichnet sich vor dem Hintergrund der skizzierten Tendenzen zur Entwicklung metasoziologischer Modelle der Modellkern einer evolutionären Sozialtheorie ab, die über ein ernst zu nehmendes Potential zur Integration der drei sozialtheoretischen Hauptströmungen, nämlich RC-Ansatz, Systemtheorie und interpretative Soziologie, verfügt und damit auch für die Organisationstheorie von unmittelbarem Interesse ist.

## **6.2. Evolutionäre Sozial- und Organisationstheorie auf komplexitätstheoretischer Grundlage**

Im Rahmen dieser Arbeit können die sozialtheoretischen Konsequenzen dieser neueren Entwicklungen im Bereich der Komplexitätstheorie und der darauf aufbauenden Simulationsmodelle für eine im Entstehen begriffene evolutionäre Sozialtheorie nur angedeutet werden. Es soll aber deutlich gemacht werden, dass der komplexitätstheoretische Ansatz mehr beinhaltet als lediglich ein neues organisationstheoretisches Leitbild, das neben die vertrauten mechanistischen, organischen, wissenstheoretischen, kulturellen, politischen und psychologischen Ansätze gestellt werden kann, wie dies in der neuen Auflage des Standardwerkes von Morgan (1998) geschieht. Unabhängig von allen Modeerscheinungen des Komplexitätsmanagements wird dieser Einfluss der KT auf die Grundlagen der soziologischen Organisationstheorie langfristig auch für die Managementforschung von weitreichender Bedeutung sein.

Grundlegend für die evolutionäre Sozialtheorie ist die analytische Unterscheidung und damit die Dualität von kulturellen Regeln und sozialen Prozessen als Spezialfall der Unterscheidung zwischen Replikanda und Interaktoren in der allgemeinen Evolutionstheorie. Soziale Systeme werden als KAS von KAS im Sinne der Komplexitätstheorie verstanden und unterliegen somit einer koevolutionären Dynamik. Die Einheiten der sozialkulturellen Evolution sind demnach symbolisch codierte Regeln, die von den Akteuren im System sinnhaft interpretiert werden können. Die Menge der Regeln ist strukturiert und enthält insbesondere Handlungs- und Orientierungsregeln, die kognitive Strukturen und Rationalitätskriterien repräsentieren. Das Regelsystem jedes Akteurs ist intern im Sinne metasozilogischer Komplexität konstruiert, enthält also auch Metaregeln, d.h. Regeln zur Bewertung von Regeln und zur Reflexion über Regeln. Dieses System von Regeln unterliegt der Evolution, indem es auf der Ebene der Interaktionen die sozialen Prozesse steuert, durch die die Regeln variiert, seligiert und reproduziert werden. Die parallel operierenden Akteure wirken durch Handlungen aufeinander ein, bilden also ein Interaktionsnetzwerk mit nichtlinearen Wechselwirkungen. Dabei sind die Regeln des Systems sozial auf Agenten verschiedener Ebenen, insbesondere auf menschliche Akteure und Organisationen, verteilt. Derart komplex und hierarchisch organisiert folgt der koevolutionäre Prozess einer Dynamik, die den Gesetzen der KT unterliegt. Soziale Systeme sind grundsätzlich sich selbst organisierende Ungleichgewichtssysteme auf einer eigenen Ebene der Emergenz, die autonom den kulturellen Gestaltungsraum erkunden, den sie durch ihre eigenen Operationen geschaffen haben und ständig kreativ umformen.

Die Theoriearchitektur der evolutionären Sozialtheorie verbindet also drei analytische Komponenten, nämlich ein Akteursmodell, einen sozialstrukturellen Rahmen und einen kulturellen Gestaltungsraum, in einem koevolutionären Prozess. Metasozilogische Modelle auf dieser Grundlage können mit dem Instrumentarium der KT analysiert werden. Inwieweit diese Überlegungen auf der Ebene der qualitativen Argumentation verbleiben müssen oder sich auf bereits ausformulierte formale Modelle stützen können, hängt dabei von dem jeweiligen Entwicklungsstand metasozilogischer Modellbildung ab. So sind innerhalb des RC-Ansatzes bereits viele Modelle entwickelt worden, die Beziehung zwischen Akteursmodell und sozialstrukturellem Rahmen aus rationalistischer Sicht thematisieren (vgl. insbesondere die angegebene Literatur zur evolutionären Spieltheorie und zur evolutionären Ökonomie). Dagegen sind die Überlegungen im interpretativen Paradigma (Giddens 1984), die sich auf die Beziehung zwischen Akteursmodell und kulturellem Gestaltungsraum

beziehen, weitgehend qualitativer Natur. Gleiches gilt für systemtheoretische Betrachtungen zum Verhältnis von Sozialstruktur und kulturellem Gestaltungsraum (vgl. Luhmann 1997).

Allerdings kann vor dem Hintergrund des analytischen Modells metasozilogischer Komplexität durchaus eine Form qualitativen Modelldenkens entwickelt werden, die auch in der soziologischen Systemtheorie und interpretativen Soziologie sinnvoll genutzt werden kann. Beispielsweise kann das Luhmannsche Modell der Ordnungsentstehung in Situationen doppelter Kontingenz als metasozilogisches Modell verstanden werden. Dabei zeigt es sich, dass das Luhmannsche Prinzip des „Order from Noise“ durch ein „Order from Order“-Prinzip ergänzt werden muss, da sich sonst die „Black Boxes“, die es „aufgrund welcher Zufälle auch immer miteinander zu tun bekommen“ (Luhmann 1984, S. 156), in ihrer jeweiligen idiosynkratischen Komplexität nicht verständigen können (für eine eingehendere Analyse siehe Kappelhoff 2001). Diese abstrakte modelltheoretische Überlegung kann grundsätzlich auch auf die Interaktion zwischen Unternehmen und Beratungsfirma als Change-Agent im Fall einer externen Unternehmensberatung übertragen werden. Auch hier stellt sich die Frage nach der Kompatibilität der Komplexität der beteiligten „Black Boxes“ in einem neuen Licht, wenn sie als Gedankenexperiment im Rahmen eines metasozilogischen Modells durchdacht wird.

Ein anderes Beispiel sind Modelle der Kultur-Sozialstruktur-Koevolution, einer Thematik, die zur Zeit wieder verstärkt in das Zentrum des theoretischen Interesses rückt (vgl. Lichtblau 2001). Einige neue Überlegungen zu diesem Thema auf der Grundlage des hier vertretenen analytischen Dualismus, der die Autonomie von Kultur respektiert und nicht der Gefahr unterliegt, das wechselseitige Bedingungsverhältnis zwischen Kultur und Sozialstruktur einseitig aufzulösen, hat Archer (1988) vorgelegt. Von besonderem Interesse ist ihre Kritik an den verschiedenen Formen der reduktionistischen Einebnung. Ideengeschichtlich sind solche Einebnungen einmal als Reduktion von oben auf den steuernden Primat der Ideen (Idealismus) und zum anderen als Reduktion von unten auf die dynamisierende Wirkung von materiellen Interessen der beteiligten Akteure (Materialismus) erfolgt. Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang die Kritik von Archer an der von ihr sogenannten zentralen Einebnung durch eine analytisch nicht genügend trennscharfe und daher ineinanderfließende Dualität, wie sie Archer bei Giddens (1988) diagnostiziert. Es liegt auf der Hand, hier einen Zusammenhang zur Diskussion über die Bedeutung von Organisationskulturen in der Organisationstheorie herzustellen, die auch die interpretativen Ansätze der

Organisationstheorie in der Tradition von Weick (1985) betrifft. Auch hier ist das qualitative Modelldenken auf der Grundlage metasozilogischer Modelle in der Lage, über die allgemeine Anerkennung rekursiver Verknüpfungen hinaus das prozedurale Ineinander-Verschränkt-Sein von Code und Prozess modellhaft zu konkretisieren. Gerade darin bestand ja, um noch mal an die vorangegangene Diskussion zu erinnern, für Stacey bereits das anregende Potential der elementaren metabiologischen TIERRA-Simulation im Zusammenhang seiner Diskussion des symbolischen Interaktionismus aus konstruktivistischer Sicht.

Auch an der Verknüpfung von Akteursmodell und Sozialstruktur im metasozilogischen Modell können organisationstheoretisch relevante Problemstellungen erörtert werden. Akteure handeln situationsabhängig gemäß der für sie konstitutiven steuernden Komplexität und setzen dadurch im Zusammenspiel mit anderen Akteuren einen rekursiven Prozess in Gang, der auf der sozialstrukturellen Ebene die Selektionsbedingungen festlegt, die auf die Akteure zurückwirken. Damit sind auf der abstrakten Modellebene die Bedingungen formuliert, die auch das in der Managementtheorie lange Zeit kontrovers diskutierte Verhältnis zwischen Struktur und Strategie rekursiv bestimmen (vgl. Zimmer/Ortmann 1998). Aus der Sicht der metasozilogischen Modellogik geht jede Strategie eines Akteurs aus den sozialstrukturellen Gegebenheiten und gleichzeitig auch aus der idiosynkratische Komplexität des Akteurs<sup>21</sup> hervor. Betrachtet man eine solche Strategie als intendierte Strategie im Sinne von Mintzberg (1978), so kann man unmittelbar modelltheoretisch nachvollziehen, wie diese Strategie in den sozialen Prozess einfließt, möglicherweise also überhaupt nicht realisiert wird, oder situationsspezifisch modifiziert als mehr oder weniger realisierte, letztlich also als emergente Strategie erscheint. Als nur analytisch zu trennende Bestandteile eines einheitlichen sozialkulturellen Prozesses bedingen sich also Strategie und Struktur gegenseitig und folgen insgesamt einer emergenten Systemlogik. Man kann dies auch abstrakt als emergente Rationalität im Sinne von Macy und Flache (1995) bezeichnen. Bezogen auch die Managementproblematik scheint mir aber die Metapher vom erfolgreichen Scheitern treffender, die Weyer (1993) zur Charakterisierung von emergenten Strategien in seiner Untersuchung der deutschen Raumfahrtindustrie nach 1945 geprägt hat. Diese paradoxe

---

<sup>21</sup> Akteure sind als KAS im Falle metasozilogischer Komplexität füreinander undurchschaubar, stellen also Black Boxes im Sinne der obigen, sich an Luhmann (1984) orientierenden Diskussion dar. Damit sehen sich KAS auf der Ebene metasozilogischer Komplexität zusätzlich einer inneren Umwelt gegenüber, die für sie genauso undurchschaubar ist wie die äußere.

Formulierung charakterisiert emergente Managementstrategien sicherlich besser als die pessimistische Bild vom Spielkasino der Strategien (Arthur 1996) oder die optimistische Metapher vom virtuosen Wellenreiten auf den Wogen der Evolution am Rande des Chaos (Beinhocker 1997).

Die angeführten Beispiele sollten das analytische Potential metasozilogischer Modelle für eine Sozialtheorie auf evolutionstheoretischer Grundlage exemplarisch belegen. Die evolutionäre Sozialtheorie hat sich in den 90er Jahren in der Ökonomie (vgl. Hodgson 1993, Arthur 1995a ; Arthur at al. 1997a) und der Soziologie (vgl. Giesen 1991; Burns/Dietz 1995; Schmid 1995, 1998) etabliert. Dazu hat nicht zuletzt die stürmische Entwicklung der Evolutionsbiologie beigetragen, die eine allgemeine Evolutionsphilosophie hervorgebracht hat, die sozialtheoretisch anschlussfähig ist und frühere Anklänge an sozialdarwinistische und/oder reduktionistische Tendenzen weit hinter sich gelassen hat. Es ist absehbar, dass die evolutionäre Sozialtheorie durch die komplexitätstheoretisch angeleiteten Forschungen im Bereich künstlicher Gesellschaften weitere Impulse erhalten wird (vgl. Kappelhoff 2001, 2002). Ich bin sicher, dass die evolutionäre Sozialtheorie große Chancen hat, sich im Spannungsfeld zwischen formaler Modellbildung und qualitativen Modelldenken weiterzuentwickeln. Dabei zeigt sich gerade an dem Interesse von qualitativ ausgerichteten Sozialwissenschaftlern und sogar von Philosophen mit postmodernen Neigungen die sozialwissenschaftliche Relevanz und philosophische Anschlussfähigkeit komplexitätstheoretischer Einsichten. Darüber hinaus sehe ich Anzeichen, dass das Spannungsverhältnis zwischen naturalistischen und interpretativen Ansätzen in den Sozialwissenschaften zunehmend nicht mehr als unüberbrückbare Kluft, sondern als Chance für einen fruchtbaren Dialog verstanden wird. Bezogen auf die Managementforschung bedeutet dies, dass sich auch das evolutionäre Management zunehmend als sozialtheoretisch fundiertes Komplexitätsmanagement verstehen wird.

### **6.3 Konsequenzen für eine komplexitätstheoretisch fundierte Managementforschung**

Die vorangegangenen Überlegungen sollten zumindest andeutungsweise das Potential komplexitätstheoretisch informierter Analysen metasozilogischer Modelle für Organisations- und Managementprobleme aufzeigen. Kultur und Sozialstruktur, Strategie und Struktur sind ebenso wie Innen- und Außenperspektive, ressourcenorientierter und marktorientierter Ansatz Gegensatzpaare, die im Modell zwar analytisch unterschieden werden können, als Aspekte

einer koevolutionären Dynamik aber untrennbar evolutions- und komplexitätstheoretisch miteinander verflochten sind.<sup>22</sup> Außerdem, und das ist im Zusammenhang mit der Managementproblematik das Entscheidende, wird auch die Beziehung zwischen Planung und Evolution, zwischen Organisation und Selbstorganisation und zwischen evolutionären und revolutionären Strategien neu beleuchtet. Das evolutionäre Management spricht allgemein von geplanter Evolution und meint damit eine Verlagerung der Steuerungsebene von der des direkten Eingriffs auf die des Katalysators oder Facilitators. Ein vergleichbares Höherheben der Eingriffsebene, das natürlich auch von einer entsprechenden Ausweitung des Modellierungshorizonts auf der theoretischen Ebene begleitet sein muss, wird mit dem Konzept der Kontextsteuerung empfohlen. Wo ein direkter Eingriff wenig erfolgversprechend erscheint, so wird argumentiert, können doch wenigstens die Parameter des Systems verändert werden, sei es nun aus dem System heraus oder durch Einflussnahme von außen.

Bei näherem Hinsehen sind aber auch hier die Erfolgsaussichten zweifelhaft. Wenn das System zu komplex wird, um direkte Eingriffe sinnvoll erscheinen zu lassen, bleibt fraglich, woher denn dann das abstrakte Wissen über die Komplexität des Systems insgesamt, die Art der diese Komplexität steuernden Parameter und die Einsichten in die Möglichkeiten zu deren Feinsteuerung kommen sollen. Auch die Empfehlungen des Komplexitätsmanagements sind hier grundsätzlich wenig präzise und beschränken sich darauf, eine ausgewogene Strategie zwischen einem „zuviel“ und einem „zuwenig“ zu empfehlen – eben eine Strategie am Rande des Chaos, etwa zwischen Hierarchisierung und Modularisierung oder zwischen Zentralisierung und Dezentralisierung. Der Versuch McKelveys, hier mit Hilfe ausformulierter Modelle der KT, insbesondere des NKSC-Modells von Kauffman zu genaueren Empfehlungen zu kommen, erweist sich im Rahmen des Ansatzes zwar als erfolgreich, macht aber gleichzeitig auch die Grenzen des naturalistischen Modellverständnisses deutlich.

Welche zusätzlichen Einsichten für die Managementforschung verspricht in diesem Zusammenhang die Erweiterung der KT um das Konzept eines metasozialen Modells im Rahmen einer evolutionären Sozialtheorie? Dass sich eine solche Fragestellung nicht primär auf die konkrete Ebene formaler Modellbildung, sondern in erster Linie auf die Ebene

---

<sup>22</sup> Dabei soll noch einmal ausdrücklich betont werden, dass diese Dynamik einer rekursiven und keiner zirkulären Logik folgt. Es werden also weder Paradoxien produziert noch das etablierte Verständnis von Kausalität außer Kraft gesetzt – die neue Wissenschaft ist ihrem grundlegenden methodologischen Verständnis nach die alte.

des qualitativen Modelldenkens bezieht, sollte sich nach dem bisher gesagten von selbst verstehen. Als KAS von KAS verfügen metasozialistische Modelle über eine innere Umwelt von einer qualitativ neuartigen Komplexität, die sowohl die Voraussetzungen wie auch die Begrenzungen der Möglichkeiten planerischer Gestaltung enthält. Zunächst einmal muss aber betont werden, dass planende Gestaltung im Rahmen eines Modells notwendigerweise Gestaltung im Rahmen der im Modell bereits evolvierten Gestaltungsregeln bedeutet. Nur was in diesen Planungsregeln bereits enthalten ist, ist den Akteuren aktuell als Planungshorizont verfügbar. Erstmaligkeit, die über diesen Planungshorizont hinausgeht, erscheint aus der Sicht des Systems als genuiner Zufallseinfluss und damit als Variation von Planungsstrategien, über deren Erfolg erst ex post durch Selektion entschieden werden kann. Die Besonderheit kultureller Evolution liegt also nicht in der Aufhebung des grundsätzlichen Zufallscharakters von Variationen. Nur insoweit, als Innovation vor dem Hintergrund des akkumulierten Erfahrungswissens sowie etablierter Lern- und Suchheuristiken entwickelt werden können, sind sie in den Rahmen des Planungshorizontes verfügbar. Darüber hinaus gilt auch hier das Poppersche Argument von der Unmöglichkeit von Prognosen. Da wir unmöglich wissen können, was wir in Zukunft wissen werden, ist genuin neues Wissen immer genetisch a priori (Popper 1987).<sup>23</sup>

Ein anderer, für die Diskussion von Steuerungsproblemen zentral wichtiger und gleichzeitig besonders tiefgründiger Unterschied zwischen biologischer und kultureller Evolution betrifft den besonderen Charakter sozialen Sinns als Medium symbolischer Codierungen. Modellmäßig fixiert, erscheinen Bedeutungen in Form von kognitiven Landkarten oder semantischen Begriffsnetzwerken als geschlossene Systeme mit einer eindeutigen Struktur. Dieses traditionelle Verständnis von Bedeutung verbindet die kognitive Psychologie mit dem französischen Strukturalismus, etwa in der Tradition von Saussure und Levi/Strauss. Mit Luhmann (1984) muss aber berücksichtigt werden, dass sinnhafte Orientierungen zwar immer nur die eine Seite einer Unterscheidung aktualisieren, die andere aber als Hintergrund anderer Möglichkeiten ständig als Alternative verfügbar halten. Diese Fuzzyness kultureller Codierungen ist in formalen Modellen nur schwer zu erfassen. Aber gerade die Doppelbödigkeit sozialen Sinns erzeugt im Zusammenhang strategischer Planung eine ständig als Hintergrund von Entscheidungen verfügbare Mannigfaltigkeit von Möglichkeiten, die in der Normalität organisationaler Abläufe lediglich latent mitgeführt wird, sich aber bei

---

<sup>23</sup> So betrachtet laufen viele Argumente, die den lamarckistischen Charakter der kulturellen Evolution hervorheben und darin einen grundsätzlichen Unterschied zur biologischen Evolution sehen, ins Leere.

unerwarteten Abläufen und Überraschungen jederzeit in den Vordergrund spielen kann. Modellierungen sinnhafter Handlungen, seien es nun die formalen oder qualitativen Modelle des Theoretikers oder die mentalen Modelle des unter Handlungsdruck stehenden Praktikers, haben notwendig immer nur partiellen Charakter. Dies sollte sowohl den Theoretikern wie auch den Praktikern als Bedingung ihres Handelns stets bewusst sein, um zumindest in kritischen Situationen auf die Beschränktheit und Unvollständigkeit ihrer eigenen Situationsdefinition reagieren zu können. Dass diese Forderung nach einer ständigen kritischen Reflexion der Voraussetzungen des eigenen Denkens in den sozialtheoretischen Debatten nur sehr bedingt beherzigt wird, zeigt ein Blick auf die Auseinandersetzungen zwischen den konkurrierenden Paradigmen. Aber auch Praktiker verlassen sich in der großen Vielzahl der Fälle blind auf ihre Situationsinterpretationen. Sie folgen damit einer in Routinesituationen entlastenden und daher evolutionär erfolgreichen Entscheidungsstrategie, die aber in komplexen Handlungssituationen offensichtlich zu gefährlichen Verkürzungen in der Situationswahrnehmung führt.<sup>24</sup>

Wie empirische Untersuchungen zeigen, macht das Wissen um das eigene Unwissen und ein an dieser Einsicht orientiertes Planungsverhalten den Unterschied zwischen einem guten und einem sehr guten Schachspieler aus. In seiner "Theory of Skill in Social Relationships" untersucht Leifer (1991) das strategische Verhalten von Schachspielern, und zwar insbesondere in der Phase des Mittelspiels. Konkrete strategische Empfehlungen gibt es im Schach vor allem für die Phasen der Eröffnung und des Endspiels, die durch das Vorliegen typisierbarer Konstellationen charakterisiert sind. Diese in Lehrbüchern kodifizierten Strategien erlauben es erfahrenen Schachspielern, erfolgversprechende Spielabwicklungen einzuleiten. Dies gilt für das Mittelspiel mit seinem komplexen, typologisch nicht leicht zu erfassenden Konstellationen nicht in gleicher Weise (vgl. auch Schimank 1999). Leifer weist darauf in, dass auch für gute Schachspieler (Großmeister) mögliche Spielverläufe nicht in allen Einzelheiten berechenbar sind. Der Schachspieler befindet sich faktisch in einer Situation doppelter Kontingenz mit wechselseitigen hypothetischen Situationsdeutungen und einer fluiden Machtbalance. Obwohl spieltheoretisch im Prinzip berechenbar, entwickelt sich also gerade im Mittelspiel beim Schach eine Situation genuin metasozilogischer

---

<sup>24</sup> Komplexitätstheoretisch inspirierte Handlungsempfehlungen auf einer abstrakten Ebene haben Axelrod und Cohen (1999) vorgelegt.

Komplexität.<sup>25</sup>

Worin unterscheiden sich nun gute und sehr gute menschliche Schachspieler in der Behandlung des Mittelspiels? Wie Leifer gezeigt hat, liegt der Unterschied nicht in erster Linie in der Berechnungstiefe der in Betracht gezogenen möglichen Abwicklungen. Entscheidend ist, dass sehr gute Schachspieler gerade dann, wenn der Gegner in einer ausgeglichenen und unüberschaubaren Spielsituation genau den erwarteten Zug macht, besonders lange nachdenken. Lediglich gute Schachspieler neigen in solchen Situationen hingegen zu schnellen Abwicklungen. Alles läuft offensichtlich nach Plan, die projektierte Strategie kann also umgesetzt werden, langes Nachdenken ist scheinbar nicht mehr notwendig. Der sehr gute Schachspieler reduziert dagegen die Komplexität der Situation nicht in gleicher Weise. Die Spielsituation bleibt für ihn vielschichtig und ambivalent. Gerade weil sich der Gegenspieler auf die projektierte Spielvariante einlässt, besteht die Gefahr, dass dieser die Situation besser analysiert hat und sich auf die Abwicklung gerade deshalb einlässt, weil er sie anders beurteilt, nämlich als für sich selbst vorteilhaft einstuft. Neues und vertieftes Nachdenken ist also erforderlich.

Die Parallelen zur Diskussion um „Exploration“ oder „Exploitation“ (vgl. z.B. March 1991), also um das Spannungsverhältnis zwischen der Erkundung neuer Möglichkeiten und der Vertiefung bestehender strategischer Vorteile als alternativen Strategien organisationalen Lernens liegen auf der Hand. Die Arbeiten von Miller (1990, 1993) zeigen, dass sich gerade besonders erfolgreiche Organisationen im Zeitverlauf eher spezialisieren, also bewährte Strategien ausbauen und vertiefen und sich damit eher auf die Effizienzsteigerung bestehender Organisationsroutinen als auf die Erkundung neuer Möglichkeiten verlassen. Miller betont, dass in der Vergangenheit besonders erfolgreiche Organisationen nicht deshalb einem erhöhten Risiko des Scheiterns ausgesetzt sind, weil sie träge werden (vgl. dazu Peters/Waterman 1982), sondern weil sie sich strategisch in die falsche Richtung verändern. Das Ikarus-Paradox besteht gerade darin, dass die gleichen Faktoren, die für den bisherigen Erfolg verantwortlich waren, das langfristige Scheitern vorbereiten. Die Metastrategie heißt „mehr von demselben“, also die Reduktion der Komplexität der Situation auf in der Vergangenheit erfolgreiche Strategien.

---

<sup>25</sup> Interessant ist, dass Schachprogramme diese Situation interpretativer sozialer Komplexität auf eine qualitativ andere, nämlich naturalistisch zu beherrschende Form von Komplexität reduzieren, indem sie mit der „Brute Force“-Strategie alle möglichen Abwicklungen soweit durchrechnen, dass die auf dieser Grundlage entwickelten Strategien inzwischen auch guten menschlichen Schachspielern deutlich überlegen sind.

Das organisationale Momentum (Miller/Friesen 1984) bleibt zwar erhalten, aber die Organisationsdynamik ist zu stark auf den geordneten Bereich der etablierten strategischen Grundsatzentscheidungen beschränkt. Die Exploration am Rande des Chaos, also das Austesten echter Innovation, die notwendigerweise mit einem hohen Risiko des Scheiterns verbunden sind, findet nicht mehr statt. In Übereinstimmung mit den Einsichten der KT ist daher zu vermuten, dass Organisationsdynamiken eher dem Muster durchbrochener Gleichgewichte (Miller/Friesen 1984; Gersick 1991) als den stetigen Entwicklungspfaden gradueller Evolution (Brown/Eisenhardt 1997, 1998) folgen. Allerdings bleibt eine solche naturalistisch-komplexitätstheoretische Erklärung unvollständig, solange sie nicht konkret organisationstheoretisch auf Eigenschaften der Organisationskultur, auf Machtstrategien einflussreicher Akteure oder auf das Beharrungsvermögen eingespielter sozialer Beziehungsnetze, um nur die grundlegenden Komponenten des metasozialen Modells in Erinnerung zu rufen, zurückgeführt wird.

Metasozialen Modelle sind immer auch Modelle verteilten Wissens. Komplexitätsmanagement ist daher grundsätzlich immer auch Wissensmanagement. Neben den grundlegenden konstruktivistischen Einsichten, die im Zusammenhang mit der Diskussion der Position Staceys erörtert wurden, sind hier insbesondere organisationstheoretische Ansätze relevant, die das Unternehmen konkret als System verteilten Wissens betrachten (z.B. Spender/Grant 1996; Tsoukas 1996). In der Tradition von Hayek (1945, 1998) wird dabei die Bedeutung dezentraler Wissensverarbeitung hervorgehoben. Organisationales Wissen ist in Regelsystemen organisiert, die einerseits einer kulturellen Logik folgen, also in ihren Elementen intern nach inhaltlichen Kriterien systematisch verknüpft sind, andererseits aber sozial auf eine Vielzahl von Akteuren verteilt sind, die diese Wissens Elemente in impliziter oder expliziter Form repräsentieren. Viele neuere Untersuchungen von Kognitionsleistungen in Gruppen, wie z.B. die empirische Studie von Hutchins (1995) über das Steuern eines Flugzeugträgers oder auch die Simulationsexperimente von Carley (1999) zum Lösen von Aufgaben in Organisationen, haben diesen emergenten Aspekt von Intelligenz als Zusammenspiel sozial verteilter, komplex vernetzter kultureller Praktiken herausgearbeitet. Individualistische Denkansätze, wie sie insbesondere in der kognitiven Psychologie vorherrschen, können diese Emergenz von

Intelligenzleistungen in komplex strukturierten Systemen konzeptuell nicht bewältigen.<sup>26</sup> Es ist daher nicht überraschend, dass gerade in der Literatur über die lernfähige Organisation (vgl. Argyris/Schön 1978; Senge 1990; Willke 1998) Anforderungen an ein Wissensmanagement formuliert werden, die unmittelbar als Übertragung der Prinzipien des Komplexitätsmanagements angesehen werden können. Versteht man Wissen derart als sozial verteilt, kontextualisiert, vernetzt und letztlich emergent, greifen auch hier die grundsätzlichen Einsichten des Komplexitätsmanagements. Wenn Wissen integraler Bestandteil der Prozesse des Unternehmens ist, kann es nicht beliebig übertragen und manipuliert werden. Entscheidende Aspekte organisationalen Wissens entziehen sich damit der direkten steuernden Kontrolle. Die „Rationalität“ einer Praktik zeigt sich ausschließlich kontextuell im Hinblick auf die Einbettung in eine spezifisch koevolutionäre Dynamik von Praktiken.

Stellt man abschließend die Frage nach dem Nutzen der KT für die Managementforschung, so ergibt sich zusammenfassend eine dreifache Antwort:

1. Die KT bietet mit dem von ihr bereitgestellten weltbildprägenden Metaphern einen Interpretationsrahmen für organisationale Prozesse. Insbesondere vor dem Hintergrund des Konzepts der Koevolution am Rande des Chaos lassen sich daraus Empfehlungen für ein Komplexitätsmanagement ableiten, die teilweise auch exemplarisch durch Fallbeispiele (vgl. Kelly/Alison 1999) und empirische Untersuchungen (vgl. Brown/Eisenhardt 1998) untermauert sind. Diese metapherngestützte Übertragung komplexitätstheoretischer Einsichten auf Managementprobleme hat sich kurzfristig zu einer Modeerscheinung entwickelt.
2. Die KT stellt ein elaboriertes modelltheoretisches Instrumentarium bereit, das sich auf organisations- und managementtheoretische Fragestellungen anwenden lässt. Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang die Arbeiten von McKelvey zur Übertragung des NKSC-Modells. Das Modell verbindet Binnen- und Außenperspektive: Firmen werden intern als Geflecht von Kompetenzen betrachtet und sind extern durch Konkurrenz- und eventuell auch Kooperationsbeziehungen verbunden. Die vielfältigen Ergebnisse dieser Modellübertragung lassen sich am ehesten als Gesetz der erforderlichen Komplexität zusammenfassen. Der Ansatz von McKelvey ist durchaus auch mittelfristig entwicklungsfähig, findet seine Grenzen aber in der zugrunde gelegten naturalistischen Methodologie.

---

<sup>26</sup> Im Grunde kann man hier von einer doppelten Dezentrierung sprechen. Denn auch der Akteur selbst ist als KAS komplexitätstheoretisch betrachtet ein strukturiertes Bündel von Handlungsregeln ohne steuerndes Zentrum, insbesondere also ohne den von Dennett (1994) sogenannten „zentralen Meiner“.

3. Die KT wird als abstrakter Modellrahmen betrachtet, der metaphysische, metabiologische und auch metasozilogische Modelle umfasst. Metasozilogische Modelle greifen die qualitativ und konstruktivistisch argumentierende Kritik an dem naturalistischen Verständnis der KT auf. Sie umfassen ein Akteursmodell, eine Sozialstruktur und einen kulturellen Gestaltungsraum und erreichen damit zumindest grundsätzlich eine Ebene steuernder Komplexität, die auch die Modellierung sinnorientierten intentionalen Handelns ermöglicht. Damit ist ein modelltheoretischer Rahmen spezifiziert, der rationalistische, systemische und interpretative sozialwissenschaftliche Orientierungen verbindet. Die Argumentation ist dabei noch weitgehend auf die Ebene eines qualitativen Modelldenkens beschränkt, da ausformulierte formale Modelle metasozilogischer Komplexität erst in Ansätzen existieren. Aber bereits auf dieser Ebene zeigt sich, dass die metasozilogische Reformulierung die abstrakten Einsichten der KT sozialtheoretisch anschlussfähig macht. Vor diesem Hintergrund eröffnet sich die Chance, dass auch managementtheoretische Fragestellungen langfristig von der Weiterentwicklung der KT profitieren können.

- Albert, H. (1987): Kritik der reinen Erkenntnislehre. Tübingen.
- Ackley, D./Littman, M. (1992): Interactions between Learning and Evolution. In: Langton, C.G./Taylor, C./Farmer, J.D./Rasmussen, S. (Hrsg.): Artificial Life II. Redwood City, S. 487-507.
- Anderson, P. (1999): Complexity Theory and Organization Science. In: Organization Science 10, S. 216-232.
- Anderson, P.W./Arrow, K.J./Pines, D. (1988): The Economy as an Evolving Complex System. Redwood City.
- Archer, M.S. (1988): Culture and Agency. The Place of Culture in Social Theory. Cambridge.
- Argyris, C./Schön, D. (1978): Organizational Learning. Reading, MA.
- Arthur, W.B. (1995a): Increasing Returns and Path-Dependence in the Economy. Ann Arbor.
- Arthur, W.B. (1995b): Complexity in Economic and Financial Markets. In: Complexity 1, S. 20-25.
- Arthur, W.B. (1996): Increasing Returns and the New World of Business. In: Harvard Business Review 74, S. 100-109.
- Arthur, W.B./Durlauf, S./Lane, D.A. (1997a): The Economy as an Evolving Complex System II. Reading, Mass.
- Arthur, W.B./Holland, J.H./LeBaron, B./Palmer, R./Tayler, P.(1997b): Asset Pricing Under Endogeneous Expectations in an Artificial Stock Market. In: Arthur, W.B./Durlauf, S./Lane, D.A.: The Economy as an Evolving Complex System II. Reading, Mass, S. 15-44.
- Ashby, W.R. (1974): Einführung in die Kybernetik. Frankfurt.
- Axelrod, R. (1991): Die Evolution der Kooperation. München.
- Axelrod, R. (1997): The Complexity of Cooperation. Princeton, NJ.
- Axelrod, R./Cohen, M.D. (1999): Harnessing Complexity. Organizational Implications of a Scientific Frontier. New York.
- Bainbridge, W.S./Brent, E.E./Carley, K.M./Heise, D.R./Macy, M.W./Markovsky, B./Skvoretz, J. (1994): Artificial Social Intelligence. In: Annual Review of Sociology 20, S. 407-436.
- Bak, P./Chen, K. (1991): Selbstorganisierte Kritizität. In: Spektrum der Wissenschaft, März 1991, S. 62-71.

- Barnett, W.P./Burgelman, R.A. (1996): Evolutionary Perspectives on Strategy. In: Strategic Management Journal 17, S. 5-19.
- Baum, J.A.C. (1999): Whole-Part Coevolutionary Competition in Organizations. In: J.A.C. Baum/ B. McKelvey (Hrsg.): Variations in Organization Science. Thousand Oaks, S. 113-135.
- Beinhocker, E.D. (1997): Strategy at the Edge of Chaos. In: The McKinsey Quarterly 1997 (1), S. 24-39.
- Blumenberg, H. (1984): Arbeit am Mythos. Frankfurt a.M.
- Boisot, M./ Child, J. (1999): Organizations as Adaptive Systems in Complex Environments: The Case of China. In: Organization Science 10, S. 237-251.
- Briggs, J./Peat, F.D. (1990): Die Entdeckung des Chaos. München.
- Brockman, J. (Hrsg.) (1996): Die dritte Kultur. München.
- Brown, S./Eisenhardt, K.M. (1997): The Art of Continuous Change: Linking Complexity Theory and Time-paced Evolution in Relentlessly Shifting Organizations. In: Administrative Science Quarterly 42, S. 1-34.
- Brown, S./Eisenhardt, K.M. (1998): Competing on the Edge. Strategy as Structured Chaos. Boston, MA.
- Burns, T./Stalker, G.M. (1961): The Management of Innovation. London.
- Burns, T./Flam, H. (1987): The Shaping of Social Organization. Social Rule System Theory with Applications. Beverly Hills.
- Burns, T./Dietz, T. (1995): Kulturelle Evolution: Institutionen, Selektion und menschliches Handeln. In: Müller, H.-P./Schmid, M. (Hrsg.): Sozialer Wandel. Frankfurt, S. 340-383.
- Burt, R.S. (1992): Structural Holes. The Social Structure of Competition. Cambridge.
- Carley, K.M. (1999): On the Evolution of Social and Organizational Networks. In: Research in the Sociology of Organizations 16, S. 3-30.
- Chia, R. (1998): From Complexity Science to Complexity Thinking: Organization as Simple Location. In: Organization 5, S.341-369.
- Cilliers, P. (1998): Complexity and Postmodernism. Understanding Complex Systems. London
- Crozier, M./Friedberg, E. (1979): Macht und Organisation. Königstein.
- D'Aveni, R.A. (1994): Hypercompetition. Managing the Dynamics of Strategic Maneuvering. New York.
- Dawkins, R. (1978): Das egoistische Gen. Heidelberg.

- Dennett, D.C. (1994): Philosophie des menschlichen Bewusstseins. Hamburg.
- Dennett, D.C. (1997): Darwins gefährliches Erbe. Die Evolution und der Sinn des Lebens. Hamburg.
- Dörner, D. (2000): Bewusstsein und Gehirn. In: Elsner, N./Lüer, G. (Hrsg.): Das Gehirn und sein Geist. Göttingen, S. 147-165.
- Eldredge, N./Gould, S.J. (1972): Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism. In: Schopf, T.J.M. (Hrsg.): Models in Paleobiology. San Francisco, S. 82-115.
- Emirbayer, M. (1997): Manifesto for a Relational Sociology. In: American Journal of Sociology 103, S. 281-317.
- Epstein, J.M./Axtell, R. (1996): Growing Artificial Societies. Social Science from the Bottom Up. Cambridge, Mass.
- Fromm, E. (1981): Zen-Buddhismus und Psychoanalyse. Frankfurt a.M.
- Gell-Mann, M. (1994): Das Quark und der Jaguar. München.
- Gersick, C.J.G.(1991): Revolutionary Change Theories: A Multilevel Exploration of the Punctuated Equilibrium Paradigm. In: Academy of Management Review 16, S. 10-36.
- Ghiselin M.T. (1997): Metaphysics and the Origin of Species. Albany.
- Giddens, A. (1984): Interpretative Soziologie. Frankfurt a.M.
- Giddens, A. (1988): Die Konstitution der Gesellschaft. Grundzüge einer Theorie der Strukturierung. Frankfurt/New York.
- Giesen, B. (1991): Die Entdinglichung des Sozialen. Eine evolutionstheoretische Perspektive auf die Postmoderne. Frankfurt.
- Glaser, B./Strauss, A. (1967): The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research. New York.
- Goldstein, J. (1994): The Unshackled Organization.
- Gould, S.J. (1994): Zufall Mensch. München.
- Griffin, D./Shaw, P./Stacey, R. (1998): Speaking of Complexity in Management Theory and Practice. In: Organization 5, S. 315-339.
- Hales, D. (1998): An Open Mind is not an Empty Mind: Experiments in the Meta-Noosphere. In: Journal of Artificial Societies and Social Simulation 1(4). <<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/4/2.html>>
- Hayek, F. von (1945): The Use of Knowledge in Society. In: American Economic Review 35, S. 519-530..

- Hayek, F. von (1989): The Pretence of Knowledge. In: American Economic Review 79, S. 3-7.
- Hodgson, G.M. (1993): Economics and Evolution. Bringing Life Back into Economics. Cambridge.
- Holland, J.H. (1992): Adaption in Natural and Artificial Systems. Cambridge, MA.
- Holland, J.H. (1995): Hidden Order. Cambridge, MA.
- Holland, J.H. (1998): Emergence: From Chaos to Order. Cambridge, MA.
- Holland, J.H./Miller, J. (1991): Artificial Adaptive Agents in Economic Theory. In: American Economic Review (P&P) 81, S. 365-370.
- Horgan, J. (1995): Komplexität in der Krise. In: Spektrum der Wissenschaft, September 1995, S. 58-64.
- Hull D.L. (1980): Individuality and Selection. In: Annual Review of Ecology and Systematics 11, S. 311-332.
- Hutchins, E.(1995): Cognition in the Wild. Cambridge, MA.
- Juarrero, A. (1999): Dynamics in Action. Intentional Behavior as a Complex System. Cambridge, Mass.
- Kappelhoff, P. (2000a): Komplexitätstheorie und Steuerung von Netzwerken. In: Sydow, J./Windeler, A. (Hrsg.): Steuerung von Netzwerken. Opladen, S.347-389.
- Kappelhoff (2000b): Der Netzwerkansatz als konzeptueller Rahmen für eine Theorie interorganisationaler Netzwerke. In: Sydow, J./Windeler, A. (Hrsg.): Steuerung von Netzwerken. Opladen, S. 25-57.
- Kappelhoff, P. (2001): Biologische und soziokulturelle Evolution: Gemeinsamkeiten und Spezifika evolutionärer Mechanismen. Manuskript. Wuppertal.
- Kappelhoff, P. (2002): Handlungssysteme als komplexe adaptive Systeme. Überlegungen zu einer evolutionären Sozialtheorie. Erscheint in: Bauer, L. /Hamberger, K. (Hrsg.): Gesellschaft denken.
- Kauffman, S.A. (1991): Leben am Rande des Chaos. In: Spektrum der Wissenschaft, Oktober 1991, S. 90-95.
- Kauffman, S.A. (1993): The Origin of Order. Self-Organization and Selection in Evolution. Oxford.
- Kauffman, S.A. (1995): Technology and Evolution: Escaping the Red Queen Effect. In: The McKinsey Quarterly 1995 (1), S. 118-129.

- Kauffman, S.A. (1996): Der Öltropfen im Wasser. Chaos, Komplexität, Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft. München.
- Kelly, Kevin (1999): Der zweite Akt der Schöpfung. Natur und Technik im neuen Jahrtausend. Frankfurt a.M.
- Kelly, S./Allison, M.A. (1999). The Complexity Advantage. How the Science of Complexity Can Help Your Business Achieve Peak Performance. New York.
- Kieser, A. (1996): Methoden und Mythen des Organisierens. In: Die Betriebswirtschaft 56, S. 21-39.
- Kirsch, W. / Knyphausen-Aufseß, D. zu (1988): Unternehmen und Gesellschaft. In: Die Betriebswirtschaft 48, S. 489-508.
- Kuhn, T.S. (1976): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt.
- Langton, C.G. (Hrsg.) (1989): Artificial Life. Redwood City.
- Langton, C.G. (Hrsg.) (1995): Artificial Life. An Overview. Cambridge, Mass.
- Langton, C.G./Taylor, C./Farmer, J.D./Rasmussen, S. (Hrsg.) (1992): Artificial Life II. Redwood City.
- Leifer, E.M. (1991): Actors as Observers. A Theory of Skill in Social Relationships. New York.
- Levinthal, D.A. (1997): Adaption on Rugged Landscapes. In: Management Science 43, S. 934-950.
- Levinthal, D.A./ Warglien, M. (1999): Landscape Design: Designing for Local Action in Complex Worlds. In: Organization Science 10, S. 342-357.
- Levy, D. (1994): Chaos Theory and Strategy: Theory, Application, and Managerial Implications. In: Strategic Management Journal 15, S. 167-178.
- Lewin, R. (1993): Die Komplexitätstheorie. Wissenschaft nach der Chaosforschung. Hamburg.
- Lichtblau, K. (2001): Soziologie als Kulturwissenschaft? Zur Rolle des Kulturbegriffs in der Selbstreflexion der deutschsprachigen Soziologie. In: Soziologie (1), S. 5-21.
- Lindgren, K. (1997): Evolutionary Dynamics in Game-Theoretic Models. In: Arthur, W.B./Durlauf, S./Lane, D.A: The Economy as an Evolving Complex System II. Reading, Mass, S. 337-367.
- Lindgren, K./Nordahl, M.G. (1995): Cooperation and Community Structure in Artificial Ecosystems. In: Langton, C.G. (Hrsg.): Artificial Life. An Overview. Cambridge, Mass, S. 15-37.

- Lissack, M. (1999): Editor's Note. In: *Emergence* 1(1), S. 3-4
- Lomborg, B. (1996): Nucleus and Shield: The Evolution of Social Structure in the Iterated Prisoner's Dilemma. In: *American Sociological Review* 61, S. 278-307.
- Luhmann, N. (1984): *Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt.
- Luhmann, N. (1997): *Die Gesellschaft der Gesellschaft*. Frankfurt.
- Macy, M./Flache, A. (1995): Beyond Rationality in Models of Choice. In: *Annual Review of Sociology* 21, S. 73-91.
- Maguire, S./McKelvey, B. (1999): Complexity and Management: Moving From Fad To Firm Foundations. *Emergence* 1 (2), S. 5-49.
- Malsch, T. (1997): Die Provokation der „Artificial Societies“. Ein programmatischer Versuch über die Frage, warum die Soziologie sich mit den Sozialmetaphern der Verteilten Künstlichen Intelligenz beschäftigen sollte. In: *Zeitschrift für Soziologie* 26, S. 3-21.
- March, J.G. (1991): Exploration and Exploitation in Organizational Learning. In: *Organization Science* 2, S. 71-87.
- Maturana, H.R./Varela, F.J. (1987): *Der Baum der Erkenntnis*. München.
- McKelvey, B. (1997): Quasi-natural Organization Science. In: *Organization Science* 8, S. 352-380.
- McKelvey, B. (1999a): Avoiding Complexity Catastrophe in Coevolutionary Pockets: Strategies for Rugged Landscapes. In: *Organization Science* 10, S. 294-321.
- McKelvey, B. (1999b): Self-Organization, Complexity Catastrophe, and Microstate Models at the Edge of Chaos..
- McKelvey, B. (1999c): Complexity Theory in Organization Science: Seizing the Promise or Becoming a Fad? In: *Emergence* 1, S. 5-32.
- McKelvey, B./Aldrich, H.E. (1983): Populations, Natural Selection, and Applied Organizational Science. In: *Administrative Science Quarterly* 28, S. 101-128.
- Mead, G.H. (1973): *Geist, Identität und Gesellschaft*. Frankfurt a.M.
- Meyer, J.W. /Rowan, B. (1977): Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony. In: *American Journal of Sociology* 83, S. 340-363.
- Miller, D.(1990): *The Icarus Paradox. How Exceptional Companies Bring About their Own Downfall*. New York.
- Miller, D. (1993): The Architecture of Simplicity. In: *Academy of Management Review* 18, S. 116-138.
- Miller, D./Friesen, P.(1984): *Organizations: A Quantum View*. Englewood Cliffs, NJ.

Miller, J.H./Butts, C./Rode, D. (1998): Communication and Cooperation. Working Paper. Santa Fe Institute.

Mintzberg, H.(1978): Patterns in Strategy Formation. In: Management Science 24, S. 934-948.

Monod, J. (1975): Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie. München.

Morgan, G. (1998): Images of Organization. San Francisco.

Ortmann, G. (1995): Formen der Produktion. Organisation und Rekursivität. Opladen.

Ortmann, G./Sydow, J./Windeler, A. (1997): Organisation als reflexive Strukturierung. In: Ortmann, G./Sydow, J./Türk, K. (Hrsg.): Theorien der Organisation. Opladen, S. 315-354.

Palmer, R./Arthur, W.B./Holland, J.H./LeBaron, B./Taylor, P. (1994): Artificial Economic Life: A Simple Model of a Stockmarket. In: Physica D 75, S. 264-274.

Peters, T. (1988): Kreatives Chaos. Hamburg.

Peters, T./Waterman, R.(1982): In Search of Excellence. New York.

Popper, K.R. (1984): Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf. Hamburg.

Popper, K.R. (1987): Die erkenntnistheoretische Position der Evolutionären Erkenntnistheorie. In: Riedl, R./Wuketis, F.M. (Hrsg.): Die Evolutionäre Erkenntnistheorie. Berlin, S. 29-37.

Porter, M. (1989): Wettbewerbsvorteile. Frankfurt a.M.

Porter, M. (1996): What is Strategy? In: Harvard Business Review 74, S. 61-78.

Prigogine, I. (1980): From Being to Becoming. Time and Complexity in Physical Sciences. New York.

Prigogine, I. (1997): The End of Certainty. New York.

Prigogine, I. /Stengers, I. (1981): Dialog mit der Natur. Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens. München.

Raup, D. (1991): Extinction: Bad Genes or Bad Luck? New York.

Ray, T. (1992): An Approach to the Synthesis of Life. In: Langton, C.G./Taylor, C./Farmer, J.D./Rasmussen, S. (Hrsg.): Artificial Life II. Redwood City, S.371-408.

Ray, T. (1995): An Evolutionary Approach to Synthetic Biology: Zen and the Art of Creating Life. In: Langton, C.G. (Hrsg.): Artificial Life. An Overview. Cambridge, Mass, S.179-209.

- Riolo, R.L. (1997): The Effects of Tag-Mediated Selection of Partners in Evolving Populations Playing the Iterated Prisoner's Dilemma. <<http://www.santafe.edu/of/publications/Abstracts/97-02-016abs.html>>
- Rosenhead, J. (1998): Complexity Theory and Management Practice. <<http://www.human-nature.com/science-as-culture/rosenhead.html>>
- Schimank, U. (1996): Theorien gesellschaftlicher Differenzierung. Opladen.
- Schimank, U. (1999): Soziologie und Schach. In: Berliner Journal für Soziologie 9, S. 105-114.
- Schmid, M. (1995): Soziologische Evolutionstheorie. In: Protozoologie 7, S. 200-210.
- Schmid, M. (1998): Soziales Handeln und strukturelle Selektion. Beiträge zur Theorie sozialer Systeme. Opladen.
- Senge, P. (1990): The Fifth Discipline. New York.
- Simon, H.A. (1969): The Architecture of Complexity. In: Simon, H.A. (Hrsg.): The Sciences of the Artificial. Cambridge, Mass., S. 84-118.
- Snow, C.P. (1959): The Two Cultures. Cambridge.
- Sokal, A./Bricmont, J. (1999): Eleganter Unsinn. Wie die Denker der Postmoderne die Wissenschaften missbrauchen. München.
- Spender, J.-C./Grant, R.M. (1996): Knowledge and the Firm: An Overview. In: Strategic Management Journal 17, S. 5-9.
- Stacey, R.D. (1995): The Science of Complexity. An Alternative Perspective for Strategic Change Processes. In: Strategic Management Journal 16, S. 477-495.
- Stacey, R.D. (1997): Unternehmen am Rande des Chaos. Komplexität und Kreativität in Organisationen. Stuttgart.
- Stacey, R.D. (2000): The Emergence of Knowledge in Organizations. In: Emergence 2(4), S. 23-39.
- Stanley, E.A./Ashlock, D./Testfatsion, L. (1994): Iterated Prisoner's Dilemma with Choice and Refusal of Partners. In: Langton, C.G. (Hrsg.): Artificial Life III, Redwood City, S. 131-175.
- Strauss, A./Corbin, J.(1990): Basics of Qualitative Research. Newbury Park.
- Tesfatsion, L. (1997): How Economists Can Get Alife. In: Arthur, W.B./Durlauf, S./Lane, D.A. (Hrsg.): The Economy as an Evolving Complex System II. Reading, Mass, S. 533-564.
- Tsoukas, H. (1996): The Firm as a Distributed Knowledge System: A Constructionist Approach. In: Strategic Management Journal 17, S. 11-25.

- Tsoukas, H. (1998): Introduction: Chaos, Complexity and Organization Theory. In: Organization 5, S. 291-313.
- Vollmer, G. (1981): Evolutionäre Erkenntnistheorie. Stuttgart.
- Waldrop, W.M. (1993): Inseln im Chaos. Die Erforschung komplexer Systeme. Reinbek.
- Weber, Max (1988): Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre. Tübingen
- Weick, K.E. (1985): Der Prozeß des Organisierens. Frankfurt.
- Weyer, J. (1993): System und Akteur. Zum Nutzen zweier soziologischer Paradigmen bei der Erklärung erfolgreichen Scheiterns. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 45, S. 1-22.
- Wieser, W. (1998): Die Erfindung der Individualität oder Die zwei Gesichter der Evolution. Heidelberg.
- Willke, H. (1982): Systemtheorie. Stuttgart.
- Willke, H. (1998): Systemtheorie III: Steuerungstheorie. Stuttgart.
- Windeler, A. (2001): Unternehmensnetzwerke. Konstitution und Strukturation. Wiesbaden.
- Zimmer, M./Ortmann, G. (1996): Strategisches Management, strukturationstheoretisch betrachtet. In: Hinterhuber, H.H./Al-Ani, A./Handlbauer, G. (Hrsg.): Das neue strategische Management. Wiesbaden, S. 87-114 .