

# Komplexitätstheorie und Steuerung von Netzwerken

*Peter Kappelhoff*

(erscheint in: Sydow, J. Windeler, A. (Hrsg.): Steuerung von Netzwerken, Opladen, 1999)

## **Inhalt**

Einleitung

1. Systemtheoretische Traditionen und evolutionsphilosophische Hintergrundannahmen
2. Komplexitätstheoretische Ansätze in der Managementforschung
  - 2.1. Übertragungen auf der Grundlage rein assoziativer Verknüpfungen
  - 2.2. Metaphorische Übertragungen auf der Theorieebene
  - 2.3 Versuche der Respezifikation komplexitätstheoretischer Konzepte
3. Modelltheoretische Grundlagen der Komplexitätstheorie
  - 3.1 Weiterentwicklung der Evolutionstheorie
  - 3.2 Komplexe adaptive Systeme
  - 3.3 Autonome Boolesche NK-Zufallsnetzwerke
    - 3.3.1 Ordnung am Rande des Chaos
    - 3.3.2 Koevolution zum Rand des Chaos
    - 3.3.3 Die Emergenz neuer Systemebenen und die hierarchische Organisation von Komplexität
  - 3.4 Methodenkritische Zwischenbetrachtung: Regelgeleitetes Handeln und beschränkte Rationalität
  - 3.5 Die Koevolution von Handlungsregeln
4. Interorganisationaler Netzwerke als evolutionsfähige Ordnungen
  - 4.1 Lose gekoppelte Netzwerke als Verbund sachlich und zeitlich begrenzter Kooperationsepisoden
  - 4.2 Erfolgreiches Scheitern und strategische Führung
  - 4.3 Die Bedeutung externer Ordner
5. Paradigmawechsel oder Organisationsmode?

Handle stets so, daß weitere Möglichkeiten entstehen.  
(Heinz von Foerster 1984, S. 60)

Die Erfahrung lehrt, daß der gefährlichste  
Augenblick für eine schlechte Regierung der ist, wo  
sie sich zu reformieren beginnt.  
(Alexis de Tocqueville 1978, zuerst 1856, S. 176)

## Einleitung

Die Welt ist bekanntlich komplex. Steuerung ist der Aufbau von Komplexität zur Bewältigung von Komplexität. Daher wird die Welt immer komplexer – zumindest solange die Koevolution von Komplexität und komplexer Steuerung nicht zusammenbricht. Mit ihren zentralen Metaphern der „Ordnung am Rande des Chaos“ und der „Evolution am Rande des Chaos“ behauptet die Komplexitätstheorie gerade, daß ein solcher evolutionärer Drahtseilakt möglich ist. Mit Popper ist die Komplexitätstheorie darüber hinaus der Meinung, daß es von der Amöbe bis zu Einstein nur ein kleiner Schritt ist (vgl. Popper 1984, S. 257). Oder anders ausgedrückt und auf unsere inhaltliche Thematik bezogen: Von der Kinesis der Amöbe (vgl. Lorenz 1982, S. 71) bis zum reflexiven Management interorganisationaler Netzwerke (vgl. Sydow und Windeler 1997) folgt die Evolution von Steuerungsmechanismen dem gleichen abstrakten Modell: der Koevolution von Systemen komplexer adaptiver Systeme am Rande des Chaos.

Es liegt auf der Hand, daß eine solche weltbildmächtige Universaltheorie auch in der für Mythen und Moden anfälligen Organisations- und Managementtheorie (vgl. Kieser 1996) Eindruck hinterlassen hat. Anwendungen der Komplexitätstheorie auf Probleme der Steuerung von Organisationen und interorganisationalen Netzwerken haben Konjunktur. Übertragungen auf die Organisationstheorie, die als Akzelerator (vgl. Kieser 1996, S. 23) wirken könnten, existieren bereits – so z.B. Staceys „Unternehmen am Rande des Chaos. Komplexität und Kreativität in Organisationen“ (1997). Ziel der Arbeit ist daher zunächst eine methodenkritische Analyse von „Anwendungen“ der Komplexitätstheorie auf Steuerungsprobleme. Darauf aufbauend soll der modelltheoretische Kern der Komplexitätstheorie etwas genauer dargestellt werden, um auf dieser Grundlage eine mögliche Anwendung komplexitätstheoretischer Denkfiguren zu skizzieren, die zumindest in Ansätzen mehr sein will als eine rein metaphorische Übertragung von eingängigen Metaphern.

## 1. Systemtheoretische Traditionen und evolutionsphilosophische Hintergrundannahmen

Die Übertragung system- und evolutionstheoretischer Denkfiguren auf wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Problemstellungen hat eine lange Tradition. Gerade die Entwicklung von Organisations- und Managementtheorien wurde stark durch systemtheoretische und kybernetische Konzepte beeinflusst (vgl. Martens 1997). Gleichzeitig kann eine ständige Zunahme der Bedeutung evolutionstheoretischer Theorieelemente, sei es in Form des populationsökologischen Ansatzes

(vgl. Baum und Singh 1994), des evolutionären Managements (vgl. kritisch Kieser 1995), der evolutionären Theorie der Firma (Nelson 1995), des strategischen Managements (vgl. Barnett und Burgelman 1996) oder allgemein als Paradigmawechsel zur evolutorischen Ökonomik (vgl. Hodgson 1993 und Arthur 1995a) beobachtet werden.

Parallel dazu emanzipiert sich die Allgemeine Systemtheorie (vgl. Rapoport 1986) in einem durchaus schwierigen und widersprüchlichen Prozeß von dem für die Anfangsphase charakteristischen Steuerungs- und Evolutionsoptimismus, wie er insbesondere für das Programm der „Behavioral Sciences“ in den Sozialwissenschaften konstitutiv war (vgl. Müller 1996). Mit der Theorie dissipativer Strukturen (vgl. Prigogine und Stengers 1981), der Synergetik (vgl. Haken 1984 und 1996) und dem Autopoiesiskonzept (vgl. Maturana und Varela 1987) wurden Theorieelemente aus Physik und Biologie integriert, die die

endogene Ordnungsbildung durch Selbstorganisation in den Vordergrund stellen, aber auch auf die Bedeutung von Mikrofluktuationen, Pfadabhängigkeiten und historisch einmaligen Konstellationen hinweisen. Auf der anderen Seite wird aus evolutionsbiologischer Sicht Kritik an adaptionsistischen Erklärungen laut (vgl. Gould und Lewontin 1979), der genetische Reduktionismus wird aus einer hierarchischen Sicht auf die Makroevolution kritisiert (vgl. Eldredge 1985) und der neodarwinistische Gradualismus wird durch die Theorie durchbrochener Gleichgewichte (vgl. Eldredge und Gould 1972 und Gould und Eldredge 1993) in Frage gestellt. Diese Betonung des potentiell diskontinuierlichen Charakters von dynamischen Prozessen wird auf der formalwissenschaftlichen Seite durch die Popularisierung der Modelle der Katastrophentheorie (vgl. Thom 1983) und der Theorie des deterministischen Chaos (vgl. Gleick 1988) unterstützt.

Alle diese teilweise recht heterogenen Ansätze fließen in die neu entstehende Komplexitätstheorie (vgl. Lewin 1993, Waldrop 1993, Gell-Mann 1994, Holland 1995a, Kauffman 1995a und Brockman 1996) ein und werden in dem Konzept des komplexen adaptiven Systems gebündelt. Die Komplexitätstheorie stellt eine in weiten Bereichen noch zu präzisierende und genauer zu entfaltende Synthese der skizzierten neueren Entwicklungen in System- und Evolutionstheorie dar. Im Kern geht es dabei um die Bedingungen der Evolution einer evolutionsfähigen Ordnung am Rande des Chaos. Der modelltheoretische Kern der Komplexitätstheorie demonstriert in einer Vielzahl von abstrakten Simulationen die Fähigkeit komplexer adaptiver Systeme, sich in einem Zusammenspiel von internen Ordnungskräften und externer Anpassungsdynamik selbstorganisiert zu einer Ordnung am Rande des Chaos zu entwickeln. Erweitert man die Perspektive auf nichtlinear vernetzte Systeme von komplexen adaptiven Systemen, so ergibt sich eine Tendenz zur Koevolution am Rande des Chaos in einem Zustand optimaler Evolutionsfähigkeit.

Es dürfte einleuchten, daß sich bei einer unkontrollierten Verallgemeinerung dieser zentral weltbildprägenden Metaphern der Komplexitätstheorie durchaus ein Evolutionsoptimismus einstellen kann, der auch in einigen populärwissenschaftlichen Darstellungen der Komplexitätstheorie sichtbar wird. Dies gilt nicht zuletzt auch für Stuart Kauffman, einen der führenden Vertreter der Komplexitätstheorie, der in seinem Buch mit dem US-amerikanischen Originaltitel „At Home in the Universe“ (1995a) eine klar erkennbare Gegenposition zu den evolutionsphilosophischen Ansichten des französischen Molekularbiologen und Medizin-Nobelpreisträgers Monod formuliert hat. Monod hatte in seinem Buch „Zufall und Notwendigkeit“ (1975) den Menschen als „Zigeuner am Rande des Universums“ (S. 151) bezeichnet und seinen Evolutionspessimismus in die folgenden Worte gekleidet: „Das Universum trug weder das Leben, noch trug die Biosphäre den Menschen in sich. Unsere 'Losnummer' kam beim Glücksspiel heraus.“ (S. 129) Im Gegensatz dazu und in erkennbarer Anspielung auf Monod zieht Kauffman (1995a) aus seinen Forschungen zur Komplexitätstheorie die gegenteilige Schlußfolgerung: „Ich hege die Hoffnung, daß die neue Wissenschaft der Komplexität uns dabei helfen wird, unseren Platz im Universum wiederzufinden, daß wir durch diese neue Wissenschaft den Sinne für die menschliche Würde und das Heilige wiedererlangen werden.“ (S.15) Nach dem Verständnis von Kauffman vermittelt die Komplexitätstheorie „eine neue theoretische Sicht der Entstehung, der Evolution und der tief verwurzelten Natürlichkeit des Leben“. (S. 16) Auch die pluralistische Demokratie erscheint dabei unvermittelt als „Teil der natürlichen Ordnung der Dinge“ (S. 16) und nicht bloß als eine menschliche Erfindung, als Ordnung am Rande des Chaos, die das starre Regime des „stalinistischen Grenzzustands“ ebenso vermeidet wie das chaotische Regime des „italienischen Verhältnisse“ (vgl. S. 381). Parallelen zu Hayeks Verteidigung der freien Marktwirtschaft vor dem Hintergrund eines nicht ganz zurecht auf Smith zurückgreifenden Verständnisses von Selbstorganisation durch die unsichtbare Hand sind offensichtlich und klingen auch in der Metapher von der „Ordnung am Rande des Chaos“ an – wenn auch der in der Tradition der Naturtheologie noch selbstverständliche Glaube an eine unsichtbare Hand einer unterschwelligten Angst vor dem Abgleiten ins Chaos gewichen zu sein scheint.

Es erscheint mir wichtig, diese gewissermaßen ideologischen Hintergründe der aktuellen Debatte um die Komplexitätstheorie bereits zu Beginn einer Arbeit über die Probleme der Übertragbarkeit komplexitätstheoretischer Denkfiguren auf Organisations- und Managementtheorien anzusprechen, um die beachtliche Spannweite zwischen dem modelltheoretischen Kern der Komplexitätstheorie und dem in der metaphorngesättigten Begrifflichkeit von „Ordnung am Rande des Chaos“ und „Evolution einer evolutionsfähigen Ordnung am Rande des Chaos“ angedeuteten evolutionsphilosophischen Hintergrunddiskurs aufmerksam zu machen. Ziel der Arbeit ist es dann auch, einerseits auf die großen Chancen hinzuweisen, die die komplexitätstheoretischen Modelle zur Koevolution komplexer adaptiver Systeme für eine vertiefte Analyse der Steuerungsproblematik interorganisationaler Netzwerke bieten, ohne dabei zu verschweigen, wie problematisch viele der modischen „Anwendungen“ der Komplexitätstheorie auf organisations- und managementtheoretische Fragestellungen sind.

Nach einer methodenkritischen Diskussion der Problematik der Übertragung komplexitätstheoretischer Metaphern werde ich daher versuchen, im Hauptteil der Arbeit eine eingehendere Darstellung des modelltheoretischen Kerns der Komplexitätstheorie zu geben. Dabei wird sich zeigen, daß sich in dem für die Komplexitätstheorie grundlegenden Konzept des komplexen adaptiven Systems unmittelbare Anknüpfungspunkte für eine Theorie interorganisationaler Netzwerke finden lassen. Komplexe adaptive Systeme sind nämlich nichts anderes als hierarchisch gestaffelte Netzwerke von Wechselwirkungen zwischen Agenten, die selbst wieder komplexe adaptive Systeme darstellen. Diese Agenten verfügen über interne Modelle der Außenwelt, sind lernfähig und zu regelgeleitetem Handeln, d.h. zu einer begrenzt rationalen Verfolgung von Zielen fähig. Auf dieser Grundlage ist eine mehr als nur metaphorische Übertragung von Ergebnissen der Komplexitätstheorie auf Entwicklungsdynamiken interorganisationaler Netzwerke zumindest grundsätzlich in die theoretische Sichtweite gekommen. Denn auch interorganisationale Netzwerke können als komplexe adaptive Systeme verstanden werden, wenn man sie als direkt und indirekt verbundenes Geflecht antagonistischer Kooperationsbeziehungen zwischen Organisationen als Agenten auffaßt (vgl. Kappelhoff in diesem Band). Gerade für interorganisationale Netzwerke gilt, daß die systemweit ausstrahlenden indirekten Folgewirkungen strategischen Netzwerkhandelns entscheidend die nichtlineare Prozeßdynamik prägen. Die Koevolution der diese Dynamik steuernden Handlungsregeln folgt einer eigenen Entwicklungslogik, die durch ein reflexives strategisches Kalkül auf der Grundlage notwendigerweise höchstens lokal rationalen Handelns nur in engen Grenzen steuerbar ist. Abschließend soll daher versucht werden, aus komplexitätstheoretischer Sicht tentativ einige Rahmenbedingungen zu diskutieren, die zwar auf einem sehr hohen Abstraktionsniveau angesiedelt, aus meiner Sicht aber für jede theoretische Analyse der Steuerung von Netzwerken relevant sind.

## **Paradigmawechsel oder Organisationsmode?**

Theorietransfers zwischen Philosophie, Naturwissenschaften und Sozialwissenschaften haben eine lange Tradition und sind seit jeher integraler Bestandteil der Wissenschaftsgeschichte (vgl. z.B. Tietzel 1983 und Mirowsky 1989). So war z.B. Adam Smith ein Bewunderer der Newtonschen Physik und gleichzeitig von der Naturtheologie beeinflusst. Sein „System der natürlichen Freiheiten“ und seine Metapher von der „unsichtbaren Hand“ sind ohne Zweifel durch philosophische Orientierungen und theoretische Denkfiguren aus diesen beiden Bereichen beeinflusst worden. Umgekehrt hatten die ökonomische Konkurrenzmetapher und insbesondere die düstere Seite der Ökonomik in Form der Malthusschen Bevölkerungslehre unmittelbaren Einfluß auf Darwins Theorie der natürlichen Selektion. Die neoklassische Gleichgewichtstheorie wiederum stellt eine direkte Übertragung des mechanistischen Weltbildes auf die Ökonomik dar, und die modernen biologischen Varianten des genetischen Egoismus und der Soziobiologie haben ihren Einfluß auf die Ökonomik nicht zuletzt deshalb entfalten können, weil sie mit dieser eine gemeinsame metatheoretische Grundlage in der mechanistischen Triade aus Reduktionismus, Optimierungsannahme und Gleichgewichtsdenken haben.

Vor diesem Hintergrund hat die These von den zwei Kulturen nie ihre Berechtigung gehabt – zumindest was die Sozialtheorie im allgemeinen und die Ökonomik im besonderen angeht. Selbst ein so tiefgreifend der Phänomenologie verpflichteter Denker wie Luhmann (1984) hat mit dem Autopoiesiskonzept eine aus der Biologie stammende Denkfigur an zentraler Stelle in seine Theorie selbstreferentieller Systeme integriert. Das ursprünglich im biologischen Kontext von Maturana und Varela (1987) entwickelte und dann systemtheoretisch verallgemeinerte Konzept wird von Luhmann kreativ respezifiziert, wenn er „die Selbstbeweglichkeit des Sinngeschehens als Autopoiesis par excellence“ (1984, S.101) begreift. Diese eigenwillige Umdeutung in einem neuen Theoriekontext ist oft kritisiert worden (vgl. z.B. Lipp 1987 und Schmid 1987). Allerdings scheint es sich mir bei der Übernahme des Autopoiesiskonzepts durch Luhmann nicht so sehr um „eine Denkbewegung von der Metaphysik zur Metabiologie“ zu handeln, wie Habermas (1985, S.230) meint, sondern eher um die begriffliche Flankierung der Wende von einer funktionalistischen zu einer autologischen Systemtheorie. Wie oft bemerkt (vgl. Habermas 1985 und Lipp 1987), tritt die Autopoiesis des Sinngeschehens bei Luhmann nämlich in die theoretische Leerstelle ein, die die Verabschiedung des reflexiven Subjekts der deutschen philosophischen Tradition hinterlassen hat. Auf den Punkt gebracht hat dies Clausen (1995), wenn er holzschnittartig, aber nicht ohne treffsicheren Spott zusammenfaßt: „Setzen Sie überall wo er (Luhmann) ‚Autopoiesis‘ sagt, ‚Seele‘ ein, und Sie haben den progressiven Theologen fertig.“ (S.261). Der souveräne Umgang Luhmanns mit dem aus der Biologie entlehnten Autopoiesiskonzept macht deutlich, daß theoretisch fruchtbare Übertragungen von zentralen systemtheoretischen Metaphern sich durchaus auf die weltbildprägenden metaphysischen Hintergrundannahmen beschränken können, wenn sie denn, und das ist der entscheidende Punkt, in dem neuen Theoriekontext Anstöße zu einer Weiterentwicklung einer genuin sozialwissenschaftlichen Theorie geben können. Dabei scheint es mir an der jüngeren Theoriegeschichte zweifelsfrei ablesbar zu sein, daß gerade einschlägige Entwicklungen in der neueren Systemtheorie auf der abstrakten Ebene weltbildprägender Metaphern zu einer Öffnung sozialwissenschaftlicher Theorien beigetragen und Anstöße zu theoretischen Weiterentwicklungen gegeben haben.

Allerdings scheint es mir zutreffender, von einer grundlegenden Umwälzung des Weltbildes zu sprechen, die die Systemtheorie in ähnlicher Weise getroffen hat wie die allgemeine Sozialtheorie. Auch die Kybernetik, die Leitwissenschaft der Systemtheorie in den 50er Jahren, war noch dem Ideal der Steuerung durch negative Rückkopplungsprozesse im Rahmen beherrschbarer Systemdynamiken verpflichtet – dies allerdings schon damals nur auf Kosten einer bewußten Ausblendung anderer Systemtypen. So verteidigt z.B. Ashby (1974, zuerst 1956) die These, daß jedes deterministische System einer eindeutigen Transformation entspricht mit dem bemerkenswerten Argument: „Wir können diese Behauptung nur deshalb aufstellen, weil die Wissenschaft es ablehnt, die anderen Typen ... zu erforschen und sie als ‚chaotisch‘ oder ‚unsinnig‘ abtut.“ (S.70). Die Wende des Zeitgeistes seit den 60er Jahren zeigt sich in der Systemtheorie in dem Heraufkommen von zwei neuen Metaphern mit weltbildprägendem Potential, die das Kontrollparadigma ablösen, aber zunächst unverbunden nebeneinander, oder besser gesagt, gegeneinander stehen: „Selbstorganisation“ und „Chaos“. Auf der einen Seite entsteht die Theorie der endogenen Ordnungsbildung durch Selbstorganisation, die mit ihren Konzepten von der „rekursiven Selbsterzeugung“, der „autonomen Organisation“ und der „Identitätswahrung“ Metaphern kreierte, die den Zeitgeist treffen und unmittelbar anschlussfähig sind. Auf der anderen Seite bieten die Katastrophentheorie und die Theorie des deterministischen Chaos ebenfalls direkte Anschlußmöglichkeiten an die zeitdiagnostischen Termini von der „Unregierbarkeit“, der „Krise“ und der „neuen Unübersichtlichkeit“.

Auf dieser Ebene der weltbildprägenden Metaphern ist der Komplexitätstheorie mit den Begriffen der „Ordnung am Rande des Chaos“ und der „Evolution am Rande des Chaos“ wahrlich ein großer Wurf gelungen. Getreu der dialektischen Denkfigur entsteht eine Synthese, in der These und Antithese mit Hegel gesprochen in dreifacher Weise aufgehoben sind: Ordnung am Rande des Chaos ist weder eine starre Ordnung, noch eine chaotische Unordnung, verbindet aber in Form von Stabilität und Flexibilität Elemente

aus beiden Zuständen und hebt sie zugleich auf eine neue Ebene der Organisation. Neben dieser dialektischen Verschmelzung unterschiedlicher systemtheoretischer Theorietraditionen wird gleichzeitig eine neue evolutionstheoretische Synthese angestrebt. Die exogenen Kräfte der natürlichen Selektion werden durch die endogenen Kräfte der Ordnungsbildung ergänzt und gleichzeitig der genetische Reduktionismus durch eine ganzheitliche Sicht des Evolutionsgeschehens überwunden. Damit können endlich auch Prozesse der Makroevolution thematisiert werden, und auch hier wurde mit dem Bild des Drahtseilaktes der „Evolution am Rande des Chaos“ eine weltbildmächtige Metapher gefunden.

Vor dem Hintergrund der gerade skizzierten grundlegenden Transformation des Weltbildes wird deutlich, daß die Komplexitätstheorie durchaus Ausdruck eines Paradigmawechsels im Kuhnschen Sinne ist. Die Entwicklung einer evolutorischen Sozialwissenschaft (vgl. z.B. Schmid 1995 und 1998) und insbesondere der evolutorischen Ökonomik sind Ausdruck dieser tiefgreifenden Veränderungen auf der Ebene von Evolutionsphilosophie und Metatheorie. Durch die Übernahme evolutionärer Theorieelemente hat die Ökonomik zum ersten Male eine realistische Chance, sich aus der babylonischen Gefangenschaft des mechanistischen Weltbildes zu befreien. Dies kann aber nur gelingen, so die zentrale These dieser Arbeit, wenn die Übernahme komplexitätstheoretischer Denkfiguren nicht allein assoziativ und rein metaphorisch erfolgt. Eine theoretisch fruchtbare Respezifikation innerhalb des jeweiligen sozialwissenschaftlichen Theoriekontextes kann nur durch eine genuin theoretische Anstrengung der jeweiligen Fachwissenschaftler gelingen. Dabei geht es im Grunde darum, die bereits vorhandenen vielfältigen theoretischen Ansätze, die system- und evolutionstheoretische Denkfiguren verwenden, vor dem Hintergrund der genauen Kenntnis des modelltheoretischen Kerns der Komplexitätstheorie aufzugreifen und theoretisch zu vereinheitlichen.

Wie die Diskussion in dieser Arbeit gezeigt hat, gibt es dazu bereits vielversprechende Ansätze. Allerdings wurde auch deutlich, daß von einem Trend, der sich allein in der nachträglichen Reformulierung bekannter Einsichten der Managementforschung in der modischen Metaphernsprache der Komplexitätstheorie erschöpft, keine neuen theoretischen Denkanstöße erwartet werden können. Dies gilt nicht nur für Anwendungsversuche von Vertretern der Komplexitätstheorie selbst, die sich kaum der Mühe einer theoretischen Respezifikation im organisationstheoretischen Umfeld unterziehen (vgl. etwa Kauffman 1995b und Lewin u.a. 1998), sondern gerade auch für die vielen „Anwendungen“ von Organisationstheoretikern selbst, wie in Kap.2 exemplarisch dokumentiert wurde. Die Darstellung des modelltheoretischen Kerns zeigte aber auch eine Vielzahl von theoretischen Anknüpfungspunkten auf, die sich für eine Respezifikation von KAS im organisationstheoretischen Zusammenhang ergeben. Organisationen und interorganisationale Netzwerke können unmittelbar als komplex vernetzte Systeme verstanden werden, die Modelle der verteilten künstlichen Intelligenz knüpfen unmittelbar an die Vorstellung von Organisationen und interorganisationalen Netzwerken als Systemen verteilten Wissens (vgl. auch Tsoukas 1996) an, und die Simulationen zur Koevolution von Handlungsregeln sind von Relevanz für die Evolution von Routinen im Rahmen der evolutionären Theorie der Firma (vgl. Nelson 1995).

Dieser Weg einer theoretisch fundierten Respezifikation allgemeiner Konzepte der Organisationstheorie und damit einer eher indirekten Anwendung der Komplexitätstheorie auf Steuerungsprobleme unter Einbeziehung auch allgemeiner Ergebnisse der evolutorischen Ökonomik und Sozialwissenschaft, wie er exemplarisch in Kap.4 angedeutet wurde, scheint mir zwar der schwierigere, langfristig aber allein gangbare Weg zu sein. Allerdings ist auch dieser Weg durchaus nicht klar vorgezeichnet und ohne größere Schwierigkeiten begehbar. In unserer Darstellung der Möglichkeiten der Verbindung von komplexitätstheoretischen Einsichten mit organisationstheoretischen Fragestellungen haben wir uns naturgemäß darauf konzentriert, die Chancen einer solchen Vorgehensweise hervorzuheben. Abschließend wollen wir aber in Form einer einfachen Auflistung auch einige kritische Einwände und offene Fragen ansprechen:

1. In konkreten Anwendungen ist mit einer Vielzahl theoretisch recht heterogener Fitneßdimensionen zu rechnen. Neben rein ökonomischen Effizienzkriterien muß sicherlich auch die soziale Akzeptanz

- durch relevante gesellschaftliche Stakeholder und die Sicherung des Legitimitätseinverständnisses in der Gesellschaft insgesamt berücksichtigt werden (vgl. im Zusammenhang mit einer Anwendung der Komplexitätstheorie auf das Management von Megafusionen auch Sachs und Rühli 1997).
2. Darüber hinaus muß daran erinnert werden, daß sich selektive Vorteile nicht aus der Fitneß als solcher, sondern aus der relativen Fitneß in Bezug auf eine Population von konkurrierenden Agenten ableiten. Damit sind Fragen nach dem impliziten Wissen in Organisationen, der organisationalen Trägheit, von Informationsbarrieren zwischen Organisationen und nach der Bedeutung von Imitationsstrategien im positionalen Wettbewerb angesprochen (vgl. allgemein Kieser 1995 und speziell zur Imitationskonkurrenz aus Komplexitätstheoretischer Sicht Kaneko und Suzuki 1993).
  3. Was die allgemeinen Managementempfehlungen angeht, die vor dem mechanischen Festhalten an einmal erfolgreichen Strategien warnen und statt dessen Flexibilität und Kreativität (vgl. z.B. Beinhocker 1997) empfehlen, so ist vor dem Hintergrund einschlägiger Untersuchungen der Einkapselungstendenz im menschlichen Entscheidungsverhalten (vgl. Dörner 1989), der organisationalen Trägheit (vgl. Hannan und Freeman 1984) und auch der Beharrungstendenzen in Wissenschaftsgemeinschaften (vgl. klassisch Kuhn 1976) zu fragen, welche organisatorischen und evtl. auch pädagogisch-therapeutischen Maßnahmen getroffen werden müssen, um diese wünschenswerten Flexibilitätsziele zu erreichen.
  4. Modelltheoretisch gesprochen hängt das Erreichen einer Ordnung am Rande des Chaos von der genauen Kalibrierung einer Vielzahl von Modellparametern ab. Einen Automatismus der Entwicklung zum Rande des Chaos gibt es nicht, ein allgemeiner Evolutionsoptimismus, der Manager lediglich als Katalysatoren oder Facilitatoren (vgl. Probst 1987, S.117) einer selbstorganisiert ablaufenden Entwicklung sieht, ist aus dem modelltheoretischen Kern der Komplexitätstheorie jedenfalls nicht abzuleiten.
  5. KAS müssen als hierarchische Strukturen immer gleichzeitig auf einer Vielzahl miteinander verbundener und ineinander verschachtelter Ebenen analysiert werden, etwa auf der Ebene von Arbeitsgruppen, Abteilungen, Organisationen, interorganisationalen Netzwerken und Märkten (vgl. am Beispiel von Megafusionen auch Sachs und Rühli 1997). In diesem Zusammenhang sind Modelle der Gruppenselektion von grundlegender Bedeutung (vgl. Campbell 1994 und Kappelhoff in diesem Band, Kap.3.1).
  6. Zu recht ist systemtheoretisch abgeleiteten Steuerungstheorien eine gewisse Managementferne nachgesagt worden (vgl. z.B. Kieser 1995). Selbst wenn man nicht so radikal verfährt wie Luhmann (1984), der soziale Systeme konsequent als autonome Kommunikationszusammenhänge konzipiert und psychische Systeme in die Umwelt verbannt, bleibt generell unklar, wie Systeme geschlossener Selbstreproduktion, die autonom aufgrund rekursiver Kausalitäten funktionieren, für Managementinnovationen empfänglich gemacht werden können (vgl. auch Martens 1997). Hier bietet meiner Meinung nach die Vorstellung eines KAS, das aus lernfähigen Agenten besteht, die selbst wieder KAS darstellen, einen Ansatzpunkt, Mikrodiversität zu modellieren und so eine „Unruhe“ auf der Mikroebene zu berücksichtigen, ohne die Konstitution durch den Systemzusammenhang als Ganzes aus den Augen zu verlieren.
  7. Gelegentlich wird kritisiert, daß sich die Komplexitätstheorie noch weitgehend an einem objektivistischen und interventionistischen Wissenschaftsideal orientiert (vgl. z.B. Griffin u.a. 1998). Wenn überhaupt, trifft dieser Vorwurf nur auf einige Vertreter der Komplexitätstheorie zu, die die Strategie der Modellierung „von Grund auf“ vertreten und deren Ziel es ist, die Emergenz von Systemeigenschaften aus dem Handeln autonomer Agenten abzuleiten (vgl. die Diskussion in 3.2). Dagegen haben führende Vertreter der Komplexitätstheorie wie z.B. Kauffman (1995a) und Arthur (1994, 1995a und b) immer wieder die Komplementarität von Konstitution von oben und Emergenz

von unten betont und die Bedeutung des Paradigmawechsels in der Komplexitätstheorie gerade in einer expliziten Überwindung des mechanistischen Weltbildes durch eine ganzheitliche Perspektive gesehen. Die Grundorientierung der Komplexitätstheorie ist also durchaus kompatibel mit einer Sicht von Organisation als reflexive Strukturation, wie sie in Anlehnung an Giddens (1988) von Ortmann u.a. (1997) entwickelt wurde.

8. Ein zentraler Einwand bestreitet grundsätzlich die Möglichkeit, mit Hilfe des Konzepts des regelgeleiteten Handelns und der Modellierung künstlich intelligenter adaptiver Agenten der Kreativität und Reflexivität menschlichen Handelns gerecht werden zu können (vgl. etwa Wolfe 1991 und Heintz 1995). Ohne hier die Diskussion aus Kap. 3.4 noch einmal aufnehmen zu wollen, sei nur angemerkt, daß man eine gerechtfertigte Kritik an einigen Aspekten der Modellierung z.B. von Klassifiziersystemen (vgl. Hahn 1996) einräumen kann, ohne darin überzeugende Argumente für eine grundsätzliche Ablehnung der Modellierungsversuche insgesamt zu entdecken. Generell scheint mir die Position von Rapoport (1986) am fruchtbarsten, der neben dem exakt formalisierten modelltheoretischen Kern auch die gleichberechtigte Bedeutung qualitativer Denkfiguren in der Allgemeinen Systemtheorie hervorhebt. Auf dieser qualitativen Argumentationsebene scheint mir letztlich kein Argument gegen die Konzeptualisierung auch menschlicher Kreativität und Reflexivität als lernfähiges KAS zu sprechen.
9. Allerdings soll ausdrücklich eingeräumt werden, daß die sich entwickelnde Komplexitätstheorie durchaus kein vereinheitlichtes Theoriegebäude, sondern eher ein Bündel unterschiedlicher system- und evolutionstheoretischer Vorstellungen auf der Grundlage von Allgemeinerungen modelltheoretisch angeleiteter Simulationsexperimente darstellt. Gerade was die Übertragungen auf sozialwissenschaftliche Problemstellungen angeht, kommen bei führenden Vertretern der Komplexitätstheorie durchaus unterschiedliche Sichtweisen des Sozialen zum Vorschein (vgl. auch Griffin u.a. 1998), die in Form scheinbarer theoretischer Selbstverständlichkeiten mit den modelltheoretischen Ergebnissen der Komplexitätstheorie verschmolzen werden – wie z.B. bei den Vertretern der Modellierung „von Grund auf“ (vgl. auch Kap. 3.2). In der gegenwärtigen Form ist die Komplexitätstheorie jedenfalls noch weit von ihrem mehr als anspruchsvollen Ziel entfernt, die allgemeinen Gesetze der Evolution von Komplexität zu entdecken (vgl. auch die berechtigte Kritik von Horgan 1995).
10. Der letzte und wichtigste Kritikpunkt betrifft die Frage, inwieweit grundlegende Mechanismen der biologischen Evolution auf die kulturelle Evolution übertragen werden können. Nicht zuletzt wegen der Emergenz sozialen Sinns als eines neuen symbolischen Codes mit den durch Sprache und Medien möglichen vielfältigen neuartigen Transmissionsformen unterscheidet sich die kulturelle Evolution grundsätzlich von der biologischen. Die kulturelle Evolution ist schneller, erlaubt auch horizontale Transmission durch Nachahmung und Belehrung, der symbolische Code ist wesentlich variabler als der genetische, und die Einheiten der Evolution (Meme, Regeln, Routinen, Comps usw.) sind nicht genau abgrenzbar (vgl. auch Boyd und Richerson 1985). Sinn verweist immer auch auf andere Möglichkeiten, die Architektur komplexer Sinnstrukturen (Alltagswissen, Theorien, Weltbilder) ist wesentlich komplexer und freier gestaltbar als die genomische Struktur, und die Evolution von Evolutionsmechanismen der kulturellen Evolution hat sich unter den Bedingungen der Moderne extrem beschleunigt (vgl. Parsons 1972, Giesen 1991 und Luhmann 1997b). Diese grundsätzlichen Unterschiede wurden zwar ansatzweise durch die Integration von Elementen der verteilten künstlichen Intelligenz in die Modelle der regelgeleiteten, agentenbasierten sozialkulturellen Evolution berücksichtigt (vgl. z.B. Kap. 3.2 und 3.4). Dennoch bleibt eine realitätsnähere Modellierung der sozialkulturellen Evolution die größte Herausforderung der Komplexitätstheorie.



## Literaturverzeichnis

- Anderson, P.W./Arrow, K.J./Pines, D. (1988): The Economy as an Evolving Complex System. Redwood City.
- Arthur, W.B. (1994): The End of Certainty in Economics. <http://www.santafe.edu/arthur/Papers/Magritte.html>.
- 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. (1997): The Economy as an Evolving Complex System II. Reading, Mass.
- Ashby, W.R. (1974): Einführung in die Kybernetik. Frankfurt.
- Axelrod, R. (1991): Die Evolution der Kooperation. München.
- 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./Singh, J.V. (Hrsg.) (1994): Evolutionary Dynamics of Organizations. New York.
- Beinhocker, E.D. (1997): Strategy at the Edge of Chaos. In: The McKinsey Quarterly 1997 (1), S. 24-39.
- Boyd, R./Richerson, P.J. (1985): Culture and the Evolutionary Process. Chicago.
- Braiman, Y./Lindner, J.F./Ditto, W.L. (1995): Taming Spatiotemporal Chaos with Disorder. In: Nature 378, S. 465-467.
- Brockman, J. (Hrsg.) (1996): Die dritte Kultur. München.
- Brooks, R.A./Maes, P. (Hrsg.) (1994): Artificial Life IV. Cambridge, Mass.
- 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.
- Bühl, W.L. (1987): Grenzen der Autopoiesis. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 39, S. 225-254.
- Bühl, W.L. (1992): Vergebliche Liebe zum Chaos. In: Soziale Welt 43, S. 26-47.
- 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.
- Campbell, D.T. (1994): How Individual and Face-to-Face Group Selection Undermine Firm Selection in Organizational Evolution. In: Baum, J.A.C./Singh, J.V. (Hrsg.): Evolutionary Dynamics of Organizations. New York, S. 23-38.
- Clausen, L. (1995): Wohin treibt das Schiff? Soziologische Betrachtungen in stürmischen Zeiten. Ein Interview mit Lars Clausen. In: Dombrowsky, W.R./Pasero, U. (Hrsg.): Wissenschaft, Literatur, Katastrophe. Opladen, S. 247-267.
- Dennett, D.C. (1994): Philosophie des menschlichen Bewußtseins. Hamburg.
- Deutschmann, C./Faust, M./Jauch, P./Nolz, P. (1995): Veränderung der Rolle des Managements im Prozeß reflexiver Rationalisierung. In: Zeitschrift für Soziologie 24, S. 436-450.
- Dörner, D. (1989): Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Reinbek.
- Druwe, U. (1988): Selbstorganisation in den Sozialwissenschaften. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 40, S. 762-775.
- Eldredge, N. (1985): Unfinished Synthesis: Biological Hierarchies and Modern Evolutionary Thought. New York.
- 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. 88-115.
- 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.
- Fligstein, N. (1990): The Transformation of Corporate Control. Cambridge, Mass.

- Fligstein, N. (1996): Markets as Politics: A Political-Cultural Approach to Market Institutions. In: *American Sociological Review* 61, S. 656-673.
- Foerster, H. von (1984): Das Konstruieren einer Wirklichkeit. In: Watzlwick, P. (Hrsg.): *Die erfundene Wirklichkeit*. München, S. 39-60.
- Friedman, M. (1953): The Methodology of Positive Economics. In: Friedman, M.: *Essays in Positive Economics*, Chicago, S. 3-43.
- Gabriel, K. (1974): Organisation und Legitimation. Die Selbststeuerungsimperative der Organisation und das Problem der Legitimation. In: *Zeitschrift für Soziologie* 3, S. 339-355.
- Gell-Mann, M. (1994): *Das Quark und der Jaguar*. München.
- 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.
- Gleick, J. (1988): *Chaos – die Ordnung des Universums*. München.
- Goodwin, B. (1994): Development as a Robust Natural Process. In: Varela, F.J./Stein, W. (Hrsg.): *Thinking about Biology*. Redwood City, S. 123-148.
- Gould, S.J./Lewontin, R.C. (1979): The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptionist Program. In: *Proceedings of the Royal Society of London* 205, S. 581-598.
- Gould, S.J./Eldredge, N. (1993): Punctuated Equilibrium Comes to Age. In: *Nature* 336, S. 225-227.
- Griffin, D./Shaw, P./Stacey, R. (1998): Speaking of Complexity in Management Theory and Practice. In: *Organization* 5, S. 315-339.
- Habermas, J. (1985): *Der philosophische Diskurs der Moderne*. Frankfurt.
- Haken, H. (1984): Can Synergetics Be of Use to Management Theory? In: Ulrich, H./Probst, G.J.B. (Hrsg.): *Self-Organization and Management of Social Systems*. Berlin, S. 33-41.
- Haken, H. (1996): Synergetik und Sozialwissenschaften. In: *Ethik und Sozialwissenschaften* 7, S. 587-675.
- Hall, A.D./Fagen, R.E. (1956): Definition of System. In: *General Systems* 1, S. 18-28.
- Hahn, F. (1996): Comment on John Holland. In: Arrow, K.J./Colombatto, E./Perlman, M./Schmidt, C. (Hrsg.): *The Rational Foundations of Economic Behavior*. London, S. 298-301.
- Hannan, M.T./Freeman, J. (1984): Structural Inertia and Organizational Change. In: *American Sociological Review* 49, S. 149-164.
- Harrison, B. (1994): *Lean and Mean. The Changing Landscape of Corporate Power in the Age of Flexibility*. New York.
- Häusler, J./Hohn, H.-W./Lütz, S. (1993): The Architecture of an R&D Collaboration. In: Scharpf, F.W. (Hrsg.): *Games in Hierarchies and Networks*. Frankfurt, S. 211-249.
- Hayek, F. von (1972): *Die Theorie komplexer Phänomene*. Tübingen.
- Hayek, F. von (1983): Die überschätzte Vernunft. In: Riedl, R.J./Kreuzer, F. (Hrsg.): *Evolution und Menschenbild*. Hamburg, S. 164-192.
- Heintz, B. (1995): „Papiermaschinen“. Die sozialen Voraussetzungen maschineller Intelligenz. In: Rammert, W. (Hrsg.): *Soziologie und künstliche Intelligenz*. Frankfurt, S. 37-64.
- Hirsch-Kreinsen, H. (1995): Dezentralisierung: Unternehmen zwischen Stabilität und Desintegration. In: *Zeitschrift für Soziologie* 24, S. 422-435.
- 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. (1995a): *Hidden Order*. Cambridge, MA.
- Holland, J.H. (1995b): Can There Be a Unified Theory of Complex Adaptive Systems? In: Morowitz, H.J./Singer, J.L. (Hrsg.): *The Mind, the Brain, and Complex Adaptive Systems*. Redwood City, S. 45-50.
- 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.
- Kaneko, K. (1995): Chaos as a Source of Complexity and Diversity in Evolution. In: Langton, C.G. (Hrsg.): *Artificial Life. An Overview*. Cambridge, Mass, S. 163-177.

- Kaneko, K./Suzuki, J. (1993): Evolution to the Edge of Chaos in an Imitation Game. In: Langton, C. (Hrsg.): Artificial Life III. Redwood City, S. 43-54.
- Kappelhoff, P. (1993): Soziale Tauschsysteme. Strukturelle und dynamische Erweiterungen des Marktmodells. München.
- Kappelhoff, P. (1998): Von der „rationalen“ Wahl zur Koevolution von Strategien in einem Mehrebenenmodell. Freiburg (Vortragsmanuskript).
- 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. (1995a): At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity. Oxford.
- Kauffman, S.A. (1995b): Technology and Evolution: Escaping the Red Queen Effect. In: The McKinsey Quarterly 1995 (1), S. 118-129.
- Keynes, J.M. (1936): General Theory of Employment, Interest and Money. London.
- Kieser, A. (1995): Evolutionstheoretische Ansätze. In: Kieser, A. (Hrsg.): Organisationstheorien. Stuttgart, S. 237-301.
- Kieser, A. (1996): Methoden und Mythen des Organisierens. In: Die Betriebswirtschaft 56, S. 21-39.
- Kuhn, T.S. (1976): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt.
- Langton, C.G. (Hrsg.) (1989): Artificial Life. Redwood City.
- Langton, C.G. (Hrsg.) (1993): Artificial Life III. Redwood City.
- Langton, C.G. (Hrsg.) (1995): Artificial Life. An Overview. Cambridge, Mass.
- Langton, C.G./Taylor, C./Farmer, J.D./Rasmussen, S. (Hrsg.) (1991): Artificial Life II. Redwood City.
- Lewin, R. (1993): Die Komplexitätstheorie. Wissenschaft nach der Chaosforschung. Hamburg.
- Lewin, R./Parker, T./Regine, B. (1998): Complexity Theory and the Organization: Beyond the Metaphor. In: Complexity 3, S. 36-40.
- 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.
- Lipp, W. (1987): Autopoiesis biologisch, Autopoiesis soziologisch. Wohin führt Luhmanns Paradigmawechsel? In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 39, S. 452-470.
- 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.
- Lorenz, K. (1982): Die Rückseite des Spiegels. München.
- Luhmann, N. (1984): Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt.
- Luhmann, N. (1997a): Selbstorganisation und Mikrodiversität: Zur Wissenssoziologie des neuzeitlichen Individualismus. In: Soziale Systeme 3, S. 23-32.
- Luhmann, N. (1997b): 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.
- 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.
- Margulis, L. (1981): Symbiosis in Cell Evolution. San Francisco.
- Margulis, L./Sagan, D. (1997): Leben. Vom Ursprung zur Vielfalt. Heidelberg.
- Martens, W. (1997): Organisation und gesellschaftliche Teilsysteme. In: Ortman, G./Sydow, J./Türk, K. (Hrsg.): Theorien der Organisation. Opladen, S. 263-311.
- Maturana, H.R./Varela, F.J. (1987): Der Baum der Erkenntnis. München.
- Mayntz, R. (1992): The Influence of Natural Science Theories on Contemporary Social Science. In: Dierkes, M./Bievert, B. (Hrsg.): European Social Science in Transition. Frankfurt/Boulder, S. 27-79.
- Mayr, E. (1984): Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. Berlin.
- Mayr, E. (1994): Evolution – Grundfragen und Mißverständnisse. In: Ethik und Sozialwissenschaften 5, S. 203-279.
- Minsky, M. (1990): Mentopolis. Stuttgart.

- Mirowski, P. (1989): *More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*. Cambridge.
- Monod, J. (1975): *Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie*. München.
- Morgenstern, O. (1968): *Vollkommene Voraussicht und wirtschaftliches Gleichgewicht*. In: Morgenstern, O.: *Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaft*. Wien, S. 43-70.
- Müller, K. (1996): *Allgemeine Systemtheorie*. Opladen.
- Münch, R. (1982): *Theorie des Handelns*. Frankfurt.
- Nelson, R. R. (1995): *Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change*. In: *Journal of Economic Literature* 33, S. 48-90.
- Nowak, M.A./May, R.M. (1992): *Evolutionary Games and Spatial Chaos*. In: *Nature* 359, S. 826-829.
- Ortmann, G./Sydow, J./Windeler, A. (1997): *Organisation als reflexive Strukturation*. 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.
- Parsons, T. (1972): *Das System moderner Gesellschaften*. München.
- Parsons, T. (1975): *Gesellschaften: Evolutionäre und komparative Perspektiven*. Frankfurt.
- Popper, K.R. (1984): *Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf*. Hamburg.
- Powell, W.W./DiMaggio, P.J. (Hrsg.) (1991): *The New Institutionalism in Organizational Analysis*. Chicago.
- Prigogine, I./Stengers, I. (1981): *Dialog mit der Natur*. München.
- Probst, G.J.B. (1987): *Selbst-Organisation. Ordnungsprozesse in sozialen Systemen aus ganzheitlicher Sicht*. Berlin.
- Rapoport, A. (1986): *General System Theory*. Cambridge, MA.
- Raup, D. (1991): *Extinction: Bad Genes or Bad Luck?* New York.
- 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/ofi/publications/Abstracts/97-02-016abs.html>
- Sabel, C.F. (1993): *Constitutional Orderings in Historical Context*. In: Scharpf, F.W. (Hrsg.): *Games in Hierarchies and Networks*. Frankfurt, S. 65-123.
- Sachs, S./Rühli, E. (1997): *In Search for a New Strategy Paradigm for Complex Adaptive Systems – Corporate Level Strategy in the Situation of a Mega-Merger*. Zürich (Manuskript).
- Sauer, D./Döhl, V. (1994): *Kontrolle durch Autonomie - Zum Formwandel von Herrschaft bei unternehmensübergreifender Rationalisierung*. In: Sydow, J./Windeler, A. (Hrsg.): *Management interorganisationaler Beziehungen*. Opladen, S. 258–274.
- Schmid, M. (1987): *Autopoiesis und soziales System: Eine Standortbestimmung*. In: Schmid, M./Haferkamp, H. (Hrsg.): *Sinn, Kommunikation und soziale Differenzierung. Beiträge zu Luhmanns Theorie sozialer Systeme*. Frankfurt, S. 25-50.
- Schmid, M. (1995): *Soziologische Evolutionstheorie*. In: *Protosoziologie* 7, S. 200-210.
- Schmid, M. (1998): *Soziales Handeln und strukturelle Selektion. Beiträge zur Theorie sozialer Systeme*. Opladen.
- Semlinger, K. (1993): *Effizienz und Autonomie in Zulieferungsnetzwerken - Zum strategischen Gehalt von Kooperation*. In: Staehle, W.H./Sydow, J. (Hrsg.): *Managementforschung* 3. Berlin, S. 309-354.
- Sigmund, K. (1995): *Spielpläne. Zufälle, Chaos und die Strategien der Evolution*. Hamburg.
- Simon, H.A. (1962): *The Architecture of Complexity*. In: *Proceedings of the American Philosophical Society* 106, S. 467-482.
- 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.
- Stanley, E.A./Ashlock, D./Testfatsion, L. (1993): *Iterated Prisoner's Dilemma with Choice and Refusal of Partners*. In: Langton, C.G. (Hrsg.): *Artificial Life III*, Redwood City, S. 131-175.
- Sydow, J./Windeler, A. (1997): *Komplexität und Reflexivität – Management interorganisationaler Netzwerke*. In: Ahlemeyer, H.W./Königswieser, R. (Hrsg.): *Komplexitätsmanagement. Strategien, Konzepte und Fallbeispiele*. Wiesbaden, S. 147-162.
- Testfatsion, 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.

- Thom, R. (1983): *Mathematical Models of Morphogenesis*. Chichester.
- Tietzel, M. (1983): Ökonomie und Soziobiologie, oder: Wer kann was von wem lernen? In: *Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften* 103, S. 107-127.
- Tocqueville, A. de (1978): *Der alte Staat und die Revolution*. München.
- Tsoukas, H. (1996): The Firm as a Distributed Knowledge System: A Constructionist Approach. In: *Strategic Management Journal* 17, S. 11-25.
- Waldrop, W.M. (1993): *Inseln im Chaos. Die Erforschung komplexer Systeme*. Reinbek.
- 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. (1996): Soziobiologie und Soziologie. Stufen einer Annäherung an eine allgemeine Theorie kooperativer Systeme. In: *Österreichische Zeitschrift für Soziologie* 21, S. 59-64.
- Wieser, W. (1997): Vernetzte Systeme, autonome Teile. Biologische Wurzeln von Bindung und Freiheit. In: *Merkur* 51, S. 84-90.
- Wolfe, A. (1991): Mind, Self, Society and Computer. Artificial Intelligence and the Sociology of Mind. In: *American Journal of Sociology* 96: S. 1073-1096.