

# **Die evolutionäre Organisationstheorie im Lichte der Komplexitätstheorie**

Peter Kappelhoff

Dezember 2007

## **1. Einleitung**

Die Steuerung sozialer Prozesse, sei es in Form direkter Eingriffe oder in Form von Veränderungen der Rahmenbedingungen, ist immer mit dem Problem des Eingriffs in komplexe Interdependenzgeflechte konfrontiert. Problemverschärfend kommt hinzu, dass jeder steuernde Eingriff eines Agenten selbst zur Steigerung der Komplexität des zu steuernden sozialen Prozesses beiträgt – Luhmann (1983) spricht in diesem Zusammenhang von Hyperkomplexität. Es kann daher nicht überraschen, dass versucht wurde, Einsichten aus der sich in den 90er Jahren aus der Selbstorganisations- und der Chaostheorie entwickelnden Komplexitätstheorie unmittelbar auf Probleme des Komplexitätsmanagements anzuwenden. Weltbildmächtige Metaphern wie Ordnung umsonst, Koevolution am Rand des Chaos und selbstorganisierte Kritizität taten ein Übriges, um insbesondere im Bereich des strategischen Managements eine Flut von „Anwendungen“ zu produzieren, die zwar mit viel Enthusiasmus, aber selten mit einer ausreichenden Reflexion der sozialtheoretischen Voraussetzungen einen neuen Königsweg des Komplexitätsmanagements propagierten. Danach sind Komplexe Adaptive Systeme in der Lage, sich selbstorganisiert in einem Zustand am Rande des Chaos zu halten, in dem optimale Evolutionsfähigkeit gewährleistet ist. Das Management hat die Aufgabe, unterstützend die Rahmenbedingungen für eine solche Prozessdynamik bereitzustellen. Exemplarisch sei hier auf den Managementbestseller „Competing on the Edge. Strategy as Structured Chaos“ von Brown und Eisenhardt (1998)

verwiesen. Eine ausführliche Darstellung und Kritik dieser Entwicklung findet man bei Kappelhoff (2002).

Hauptthese der Arbeit ist, dass die Komplexitätstheorie nur im Rahmen eines evolutionstheoretischen Ansatzes zu verstehen ist. Ein allein auf Selbstorganisation gegründetes Verständnis der Komplexitätstheorie ist nicht tragfähig. In sozialwissenschaftlich relevanten Kontexten geht es immer um *angepasste* Komplexität. Eine Verankerung der Komplexitätstheorie in dem Forschungsprogramm des Universellen Darwinismus (vgl. Cziko (1995) und die dort angegebene Literatur) ist daher unverzichtbar. Damit stellt sich aus Sicht der Verhaltenswissenschaften die Frage nach der Möglichkeit einer Evolutionären Sozialtheorie. Eine erst zu entwickelnde Evolutionäre Sozialtheorie stellt gewissermaßen das theoretische „missing link“ dar, welches Anwendungen der zunächst in Physik (Selbstorganisation) und Biologie (Evolution) entwickelten Theorie angepasster Komplexität auf sozialwissenschaftliche Fragestellungen erst möglich macht. Nur aus Sicht einer Evolutionären Sozialtheorie kann beurteilt werden, in welcher Form und unter welchen Bedingungen die abstrakten Einsichten der Komplexitätstheorie für sozialwissenschaftliche Modellierungsversuche von Steuerungsproblemen fruchtbar gemacht werden können.

Diese Hauptthese der Arbeit wird im Folgenden genauer entfaltet. Im nächsten Abschnitt werden die wichtigsten Modelle der Komplexitätstheorie (Kauffman 1993, Holland 1995), nämlich NK-Fitnesslandschaften und das Konzept Komplexer Adaptiver Systeme (KAS), in ihren wesentlichen Merkmalen dargestellt. Dabei wird Wert darauf gelegt zu zeigen, dass die Komplexitätstheorie eine Erweiterung und Ergänzung des evolutionären Forschungsprogramms darstellt. Direkte Übertragungen komplexitätstheoretischer Metaphern, die die theoretische Bedeutung der evolutionären Mechanismen von Variation, Selektion und Bewahrung (Campbell 1974) nicht genügend berücksichtigen und lediglich mit einem diffusen Verständnis von Selbstorganisation arbeiten, erweisen sich als theoretisch defizitär, da *angepasste* Gestaltbildung auf dieser eingeschränkten Grundlage nicht erklärt werden kann.

Wie bereits angedeutet, stellt die Evolutionäre Sozialtheorie das theoretische „missing link“ für eine Anwendung komplexitätstheoretischer Einsichten in den Sozialwissenschaften dar. Die Möglichkeit einer Evolutionären Sozialtheorie, die sich an den abstrakten Prinzipien des Universellen Darwinismus orientiert und diese für die Sozialwissenschaften inhaltlich spezifiziert, wird im dritten Abschnitt dargelegt. Ausgangspunkt sind Modelle der doppelten Vererbung und der Gen-Kultur-Koevolution. Im Mittelpunkt stehen dann die Besonderheiten der kulturellen Evolution, und hier im Zusammenhang mit der Steuerungsproblematik insbesondere die Bedeutung der menschlichen Intentionalität im Kontext der vieldiskutierten „Blindheit“ (Campbell 1974) evolutionärer Prozesse. Versteht man Evolution methodologisch als Variation, Selektion und Bewahrung von verhaltenssteuernder Information, so ist die Bedeutung dieser abstrakten evolutionären Modelle für eine Theorie sozialer Steuerung unmittelbar einsichtig.

Insbesondere in der Evolutionären Ökonomik und hier vor allem in der Evolutionären Organisationstheorie sind diese abstrakten evolutionstheoretischen Überlegungen weiter ausgearbeitet und konkretisiert worden. Der vierte Abschnitt gibt daher einen Überblick über diese Diskussion und positioniert das eigene Verständnis einer Evolutionären Organisationstheorie, die theoretisch an die Modelle der Evolutions- und Komplexitätstheorie anschlussfähig ist. Erst auf dieser Grundlage macht es dann Sinn, in dem abschließenden fünften Abschnitt Anwendungen komplexitätstheoretischer Modelle im Rahmen der Evolutionären Organisationstheorie zu diskutieren. Insbesondere das Konzept der NK-Fitnesslandschaften wirft ein neues Licht auf die Probleme des Komplexitätsmanagements von Organisationen. Ansätze aus Populationsökologie und den wissensbasierten Theorien der Organisationsentwicklung werden zu einem integrierten Modell zusammengefasst, das Aspekte der inneren Selektion in der Form von Lernen und der äußeren Selektion in der Form von Marktkonkurrenz verbindet. Dadurch eröffnet sich ein weites Feld zur Simulation der Kompetenzentwicklung von Organisationen in einem Mehrebenenmodell, modelltechnisch gesprochen also in einem KAS, das selbst wieder aus KAS besteht. Auf diese Weise wird es konzeptuell, theoretisch und modelltechnisch möglich, unterschiedliche Lernprozesse etwa auf der Ebene von Teams innerhalb von Organisationen und von

Organisationen insgesamt mit Anpassungsproblemen in der organisationalen Umwelt zu verbinden und in einem integrierten Modell zu untersuchen.

## 2. Komplexitätstheorie

In seinem offensichtlich auch mit einer populärwissenschaftlichen Absicht geschriebenen Buch „Hidden Order. How Adaptation Builds Complexity“ führt Holland (1995) das Konzept des KAS ein, indem er als erstes Beispiel große Städte wie folgt charakterisiert: „Buyers, sellers, administrations, streets, bridges and buildings are always changing, so that a city’s coherence is somehow imposed on a perpetual flux of people and structures. ... No single constituent remains in place but the city persists. ... What enables cities to retain their coherence despite continual disruptions and a lack of central planning?“ (S. 1) Zu Recht gibt sich Holland hier nicht mit der „unsichtbaren Hand“ als Erklärung zufrieden. Vielmehr wiederholt er, nachdem er andere Beispiele von KAS angeführt hat, so zum Beispiel das Immunsystem, das Zentralnervensystem und Ökosysteme als allgemeine Kategorie, seine Leitfrage: „Even though these complex systems differ in detail, the question of coherence under change is the central enigma for each.“ (S. 4)

Aus dieser Frage nach der Auflösung eines „Rätsels“ entwickelt sich dann (nicht nur) in der Literatur zum strategischen Management die Gewohnheit, diese wahrlich wunderbare Eigenschaft der Kohärenz unter Wandel von einem Rätsel (das, so die These der Arbeit, ohne evolutionstheoretische Erweiterung der Fragestellung nicht hinreichend zu beantworten ist) zu einer quasi „natürlichen“ Eigenschaft von KAS zu machen. So behauptet Tilebein (2005), dass sich komplexe adaptive Systeme stets situationsgerecht wandeln, indem sie sich am Chaosrand optimale Überlebenschancen schaffen. Offensichtlich verfügen dann auch Organisationen, wenn man sie nur als KAS versteht, über ein „Selbst“, das sich fortwährend organisiert und reorganisiert und so eine virtuose Anpassungsleistung vollbringt. Dabei wird zur weiteren Unterstützung des Arguments die Metapher von der Evolution am Rande des Chaos, die auf die Modellsimulationen von NK-Fitnesslandschaften von Kauffman (1993) zurückgeht, in die Semantik integriert. Als

ein weiteres Beispiel für den metaphorischen Bezug auf den Chaosrand seien Eisenhardt und Bhatia (2002) angeführt, die in einem Handbuchartikel über „Organizational Complexity“ argumentieren, „that the edge of chaos is where organizations optimize the benefits of stability while retaining the capacity for change.“ (S. 444)

Durchweg kommt in diesen Äußerungen ein beinahe unbegrenztes Vertrauen in Selbstorganisationskräfte zum Ausdruck, ein Vertrauen, das gekoppelt ist mit einer konsequenten Ausblendung evolutionärer Mechanismen der blinden Variation und der selektiven Bewahrung. Die gleiche theoretische Einseitigkeit findet sich auch bei vielen Vertretern der sog. Evolutorischen Ökonomik, die versuchen, mit Bezug auf Selbstorganisation und dem gleichzeitigen Ausblenden genuin evolutionärer Mechanismen *angepasster* Gestaltbildung dem (gerade im deutschen geisteswissenschaftlichen Diskurs besonders virulenten) Vorwurf des Biologismus zu entgehen. Dabei nehmen die Vertreter einer sich auf Selbstorganisation berufenden Evolutorischen Ökonomik in Kauf, dass die ausschließliche theoretische Fokussierung auf das Konzept der Selbstorganisation entweder in der präzisen Modellbedeutung zu einer physikalistischen Verengung des Arguments führt, oder aber zu einem diffusen Allerweltsbegriff von „Selbst“-Organisation entartet, in dem ein autonomes „Selbst“ sich organisiert, welches über eine wandlungsfähige „Identität“ verfügt, insbesondere also zur Selbsterhaltung, Selbstanpassung und letztlich zur Selbststeuerung fähig ist.

## **2.1 NK-Fitnesslandschaften**

In seinem Buch „The Origins of Order. Self-Organization and Selection in Evolution“ versucht Kauffman (1993), einer der Begründer der Komplexitätstheorie, zu einem neuen Verständnis von Evolution zu gelangen, das wesentlich *auch* auf Selbstorganisation basiert. Besonders deutlich wird das in der folgenden zusammenfassenden Einschätzung, die zu den am meisten zitierten Passagen des Buches gehört: „ I have tried to take steps toward characterizing the interaction of selection and self-organisation. ... Evolution is not just „chance caught by the wing“. It is not just a tinkering of the ad hoc, of bricolage, of contraption. It is emergent order, honored and honed by selection.“ (S. 644). Damit weist Kauffman zu Recht darauf

hin, dass Evolution auf der Ausnutzung von Selbstorganisationskräften beruht, die gewissermaßen das Rohmaterial für die Prozesse der Variation, Selektion und Bewahrung zur Verfügung stellen. Ohne diese durch Selbstorganisation bereitgestellten Ordnungsmuster wäre angepasste Ordnungsbildung nicht verständlich. Nicht ganz so deutlich wird aber in dem angeführten Zitat die Kehrseite des Arguments, nämlich dass die Anpassungsleistung durch die Variation und Selektion von übertragbarer steuernder Information zustande kommt. Gerade dies ist aber das Argument des Universellen Darwinismus (Cziko 1995). Insofern sind *beide* Mechanismen, Selbstorganisation *und* Evolution, eine notwendige Voraussetzung für das Verständnis angepasster Ordnungsbildung.

Damit wird reduktionistischen Verengungen der allgemeinen Evolutionstheorie von vorne herein der Boden entzogen. Dies gilt für einen genetischen Reduktionismus in gleicher Weise wie für einen eventuellen memetischen Reduktionismus im Bereich der kulturellen Evolution. Allerdings sei bereits hier angemerkt, dass der Vorwurf des Reduktionismus die Vertreter des Universellen Darwinismus nicht trifft und auch nicht systematisch aus den Grundannahmen eines methodologischen Evolutionismus abgeleitet werden kann. Mehrebenenselektionsprozesse sind zentraler Bestandteil der evolutionären Simulationsmodelle, die zum Verständnis des Komplexitätsmanagements von Organisationen durchgeführt wurden (siehe 5.).

Die in der Komplexitätstheorie hervorgehobene besondere Bedeutung der Selbstorganisationskomponente hat zweifellos zu einem vertieften Verständnis von evolutionären Prozessen beigetragen. Kauffman kommt aber auch das besondere Verdienst zu, mit den NK-Fitnesslandschaften konkrete Modelle zur Untersuchung komplexer evolutionärer Anpassungsprozesse entwickelt zu haben. Diese Modelle sollen im Zusammenhang mit einem zweiten Hauptvorwurf diskutiert werden, der gegen evolutionäre Modelle erhoben wurde, nämlich dem Adaptionismus. Die Modelle der NK-Fitnesslandschaften zeigen nämlich gerade, dass eine adaptive Suche in Fitnesslandschaften, die viele (nämlich N) interdependente (K gibt die Anzahl der Wechselwirkungen zwischen den Fitnesskomponenten an) Verhaltensregeln simultan zu optimieren versucht, oft in lokalen Optima einer insgesamt stark zerklüfteten Fitnesslandschaft stecken bleibt. Für eine ausführlichere

Darstellung des Modells der NK-Fitnesslandschaften sei auf Kappelhoff (2000, 2002) verwiesen. In unserem Zusammenhang ist es entscheidend, dass Kauffman eine Tendenz postuliert, nach der sich komplexe Systeme selbstorganisiert zu einem Zustand optimaler Evolutionsfähigkeit, eben dem Rand des Chaos, entwickeln und sich auch in diesem Zustand halten können – immer vorausgesetzt, die Selektionskräfte, die diese Entwicklung antreiben, sind stark genug. Dieser Korridor der Evolvierbarkeit am Rande des Chaos zwischen starrer Ordnung (K zu klein: keine oder zu geringe Interdependenzen der Fitnesskomponenten ergeben zu glatte Fitnesslandschaften) oder chaotischer Unordnung (K zu groß: sehr viele Interdependenzen führen zu stark zerklüfteten Fitnesslandschaften, in der lokale Suchprozesse sofort stecken bleiben) ist das Ziel des strategischen Komplexitätsmanagements, wie dies bereits in den einleitend angeführten Zitaten anklang.

Dazu muss einschränkend angemerkt werden, dass es in der Komplexitätstheorie keineswegs eine allgemeine Theorie der Selbstorganisation am Rande des Chaos gibt. Auch Kauffman ist hier in seinen Formulierungen sehr vorsichtig – verständlich angesichts der methodischen Probleme einer Verallgemeinerung auf der Grundlage weniger Simulationsstudien und der Tragweite dieser allgemeinen Spekulationen. Viel wichtiger ist aber, dass der im Argument der Selbstorganisation am Rande des Chaos zum Ausdruck kommende Evolutionsoptimismus nur die eine Seite der Medaille ist. Es geht bei den evolutionären Prozessen auf NK-Fitnesslandschaften nämlich immer auch um Fitness, um Konkurrenz und Selektion. Exemplarisch sei darauf verwiesen, dass im Zusammenhang mit den ökologischen Modellen, die die Koevolution am Rande des Chaos simulieren und die für die Anwendung im Bereich des Komplexitätsmanagements von besonderer Bedeutung sind, Selektionsprozesse betrachtet werden, in denen die beteiligten Arten nach ihrer Fitness selektiert werden. „Wenn der Eindringling die höchste Fitness besitzt, stirbt die ursprüngliche Art aus. ... In dieser Modellwelt „in silicio“ geht es recht mörderisch zu.“ (Kauffman 1996, S. 344) Einerseits können (und müssen) also Evolutionsprozesse durch Selbstorganisationskräfte unterstützt werden, da ohne „Ordnung umsonst“ eine *Ordnungsbildung* nicht möglich wäre. Andererseits sind aber *Anpassungsprozesse* ohne die evolutionären Mechanismen von Variation, Selektion und Bewahrung nicht

verstehbar. Selbstorganisation *und* Selektion sind notwendige Elemente jeder angepassten Ordnungsbildung.

## **2.2 Komplexe Adaptive Systeme**

Mit dem Konzept des KAS hat Holland (1995) einen allgemeinen Modellrahmen skizziert, der die Komplexitätstheorie für sozialwissenschaftliche Anwendungen in Form von Agentensimulationen anschlussfähig macht. Auch Holland verbindet in seinen Überlegungen Elemente der Selbstorganisations- und der Evolutionstheorie. KAS sind Systeme fern vom thermodynamischen Gleichgewicht (sie verfügen über einen „Energistoffwechsel“, der die ablaufenden Prozesse antreibt) und bestehen aus parallel operierenden und nichtlinear wechselwirkenden Agenten, die eine emergente Ordnung generieren. Wie im allgemeinen Modell der Selbstorganisation werden dabei zunächst lokale Ordner erzeugt, die untereinander konkurrieren und dadurch eine globale Ordnung entstehen lassen. Diese emergente Ordnung reagiert sensibel auf Randbedingungen (Konstellation von Kontrollparametern) und ist in ihrem Prozessverlauf zudem historisch kontingent (Bedeutung von Symmetriebrüchen).

Die besondere Anschlussfähigkeit an sozialwissenschaftliche Fragestellungen liegt in dem von Holland entwickelten Agentenkonzept. Die in einem KAS parallel operierenden Agenten treiben durch ihr „Verhalten“ den adaptiven Prozess voran. Holland versteht die Agenten konkret als Klassifiziersysteme und integriert in diesem Konzept Einsichten der kognitiven Psychologie und der Forschung über Künstliche Intelligenz. Das Konzept des Klassifiziersystems spezifiziert die Rede von der verhaltenssteuernden Information und stellt diese in einen evolutionären Kontext. Klassifiziersysteme sind Systeme von Verhaltensregeln (Klassifizierer), die selbst wieder als ein Komplexes Adaptives System verstanden werden können. Die Verhaltensregeln operieren nämlich parallel *im* Agenten und wechselwirken dabei miteinander, indem sie aneinander anknüpfen, sich also gegenseitig anstoßen, oder auch hemmen. Das daraus letztendlich resultierende Verhalten des Agenten führt zu Fitnesskonsequenzen, die als Verhaltenserfolg in das Klassifiziersystem rückgekoppelt werden und die Stärke der einzelnen Verhaltensregeln ändern. Dieser Rückkopplungsprozess entspricht dem Backpropagationmechanismus in neuronalen

Netzwerken. Dabei werden Verhaltensregeln nach dem Anteil, den sie am Erfolg bzw. Misserfolg des resultierenden Verhaltens hatten, verstärkt oder abgeschwächt.

Damit ist die adaptive Komponente von Klassifiziersystemen aber noch nicht vollständig beschrieben. Klassifiziersysteme verfügen nämlich auch (aus evolutionärer Sicht notwendig) über einen Mechanismus der Variation von Verhaltensregeln. Dazu verwendet Holland die von ihm wesentlich mitentwickelten genetischen Algorithmen, die erfolgreiche Verhaltensregeln immer wieder kreativ variieren. Dadurch wird eine Variation erzeugt, an die die Selektion anknüpfen kann, um insgesamt die Anpassungsleistung zu vollbringen, die, wie die eingangs zitierten Bemerkungen belegen, die Faszination des Konzepts für die Theoretiker des Komplexitätsmanagements ausmacht. Gerade die Formalisierung des Variationsmechanismus durch genetische Algorithmen macht aber auch deutlich, dass die kreative Leistung der Agenten *blind* durch Punktmutation und Rekombination erfolgt. Schon hier sei darauf hingewiesen, dass „blind“ in diesem Zusammenhang keineswegs rein zufällig bedeuten muss. Entscheidend für die Blindheit des Variationsmechanismus ist vielmehr, dass die neuen Varianten aus *in der Vergangenheit bewährten* Verhaltensregeln rekombiniert werden. Die Riskiertheit des evolutionären Prozesses bleibt dabei gerade deswegen bestehen, weil sich diese neu und wie immer sinnvoll und aussichtsreich rekombinierten Verhaltensregeln unter *zukünftigen*, d.h. grundsätzlich nicht vollkommen durchschaubaren Selektionsbedingungen bewähren müssen. Dass dies auch für die kulturelle Evolution gilt und dass diese grundlegende Eigenschaft evolutionärer Prozesse auch durch die spezifisch menschliche Fähigkeit zu zielgerichtetem Handeln und zu planvoller Gestaltung nicht außer Kraft gesetzt werden kann, soll im Folgenden genauer begründet werden.

### **3. Evolutionäre Sozialtheorie**

KAS können als Mehrebenensysteme verteilten Wissens verstanden werden, wobei mit Wissen alle Formen verhaltenssteuernder Information gemeint sind, seien sie nun genetisch oder symbolisch kodiert. So ist z.B. die Nahrungssuche von Ameisen als KAS modelliert worden (Resnick 1997), wobei die pheromongesteuerte

Selbstorganisation der parallel operierenden Ameisen durch genetisch kodierte Verhaltensregeln gesteuert wird, die selbst ein Resultat der biologischen Evolution sind. Interessant ist hier, dass die Anpassungsleistung durch Verhaltensorganisation auf der Ebene der Ameisenkolonie erfolgt, die komplexe kollektive Fähigkeit zu optimaler Nahrungssuche also als emergentes Resultat von für sich genommenen einfachen Verhaltensweisen der einzelnen Ameisen verstanden werden kann. Ein weiteres Beispiel für die Emergenz von „Geist“ aus geistlosen Elementen durch evolutionäre Gestaltbildung sind natürliche und künstliche neuronale Netzwerke.

In Hinblick auf kulturelle Evolution kann der Markt als System verteilten Wissens verstanden werden, das als KAS selbstorganisiert die Pläne der einzelnen Marktteilnehmer über den Preismechanismus koordiniert. Darüber hinaus funktioniert der Markt als Entdeckungsverfahren, indem die Marktteilnehmer kreativ vor dem Hintergrund vorhandenen Wissens durch Abwandlung und Rekombination innovative Verhaltensweisen entwickeln und der Marktkonkurrenz als Selektionsmechanismus aussetzen. Das Ganze geschieht im Rahmen einer Marktordnung, die selbst als Institution Gegenstand der kulturellen Evolution ist. In der Tradition der schottische Moralphilosophie sieht Hayek diese Marktordnung zwar als „Resultat menschlichen Handelns, aber nicht als die Durchführung eines menschlichen Plans“ (Ferguson). Vielmehr erfolgt die Evolution der Marktordnung durch kulturelle Gruppenselektion: „Solche neuen Regeln konnten sich durchsetzen und verbreiten, nicht weil die Menschen verstanden, dass sie besser waren, sondern nur, weil sie jenen Gruppen, die sie, vielleicht ganz zufällig, annahmen, ermöglichten, sich zu vermehren.“ ( Hayek 1983, S. 166)

Evolution kann generell als ein Prozess verstanden werden in dem verhaltenssteuernde Information variiert, selektiert und übertragen (bewahrt) wird. Diese verhaltenssteuernde Information ist in Form von *Replikanda* kodiert. In der biologischen Evolution sind dies die Gene und in der kulturellen Evolution die „Meme“ (neutral verstanden als kodierte Verhaltensregeln, Normen, Ideen, usw.). In diesem Sinne kann die Marktordnung wie jede andere Institution auch als ein Memkomplex verstanden werden. Wie von Holland in Form informationsverarbeitender Klassifiziersysteme formalisiert, sind die menschlichen Akteure als *Interaktoren* zu verstehen, die durch ihre je spezifische Konstellation von Verhaltensregeln

konstituiert sind und die diese Verhaltensregeln anwenden und in konkretes Verhalten übertragen, das dann der Selektion unterliegt.

Generell verbinden sich in der Evolution des homo sapiens also zwei evolutionäre Stränge, nämlich die biologische Evolution auf der Grundlage des genetischen Codes und die kulturelle Evolution auf der Grundlage symbolisch kodierter Verhaltensregeln. Eine vollständige Analyse muss daher als ein System doppelter Vererbung und als ein Prozess der Gen-Kultur-Koevolution angelegt werden (Richerson und Boyd 2005). In Hinblick auf unser eigentliches Thema, das Management von Komplexität, genügt es aber, sich im Folgenden auf Prozesse der kulturellen Evolution zu konzentrieren. Vorausgesetzt wird dabei ein evolutionärer Möglichkeitsraum von symbolisch kodierten Verhaltensregeln, in dem sich der evolutionäre Prozess entfaltet. Die für die Steuerungsproblematik entscheidende Frage ist dabei die nach der Blindheit dieses evolutionären Prozesses und nach der Rolle, die der menschlichen Intentionalität und Planungsfähigkeit in diesem Zusammenhang zukommt.

Eine klassische und in ihrer Klarheit nicht übertroffene Diskussion evolutionärer Blindheit findet sich bei Campbell (1974). Campbell, dessen Kanonisierung von Evolution als Wechselspiel von blinder Variation und selektiver Retention auch in den Sozialwissenschaften sehr einflussreich war, kann als ein früher Vertreter des Universellen Darwinismus angesehen werden – wie übrigens auch Popper (1972), dessen Philosophie Campbell in dem angegebenen Aufsatz kommentiert und fortführt. Campbell grenzt sein Konzept der blinden Variation klar von einer rein zufälligen Variation ab. Variationen geschehen blind „in so far as variations are produced without prior knowledge of which ones, if any, will furnish a selectworthy encounter.“ (S. 422) Campbells Konzept der „Blindheit der Variation“ ist also eng mit der Riskiertheit und der Offenheit des evolutionären Prozesses verknüpft. Es ist zu einem gegebenen Zeitpunkt grundsätzlich nicht möglich, die zukünftigen Selektionsbedingungen vollständig vorweg zu nehmen und in der Planung, also in der gezielten Generierung von Variation, zu berücksichtigen. Auch die menschliche Intentionalität kann bei einer zielgerichteten Planung nur auf das Wissen über zukünftige Abläufe zurückgreifen, das zur Zeit zur Verfügung steht. Dieses Wissen ist

aber grundsätzlich immer in der Vergangenheit bewährtes hypothetisches Wissen, dessen Übertragung auf zukünftige Abläufe riskant bleiben muss.

Zusätzlich sind zwei weitere wesentliche Einschränkungen zu beachten. Neben der grundsätzlichen Beschränktheit menschlichen Wissens ist nämlich das spezifisch koevolutionäre Argument zu beachten, dass in gekoppelten Fitnesslandschaften eine erhöhte Planungskapazität eines Agenten, etwa in Form verbesserter Planungsinstrumente und eines erweiterten Planungshorizonts, den koevolutionär gekoppelten konkurrierenden Agenten zumindest grundsätzlich auch zur Verfügung steht. Ein Schachspieler, ein Fußballtrainer oder eben auch ein Manager müssen immer damit rechnen, dass ein verbessertes Planungswissen auch in die Strategien ihrer Konkurrenten eingehen wird. Dadurch kommt es zu einem Rüstungswettlauf von Planungswissen, ohne dass die Planbarkeit des Gesamtprozesses dadurch erhöht würde. Es ist im Gegenteil plausibel, dass solche Situationen der Hyperkomplexität (Luhmann) zusätzliche Unsicherheit produzieren und Planung damit weiter erschweren.

Im Bild der „Blindheit“ evolutionärer Planungsprozesse bleibend kann man Planungsinstrumente als Blindenstöcke bezeichnen, die eine gewisse „Voraussicht“ ermöglichen (Campbell 1974, S. 424ff). Einer Verbesserung des Planungsinstrumentariums entspricht in diesem Bild eine Verlängerung des Blindenstockes. Da aber eine solche Verbesserung des Planungswissens immer nur hypothetischen Charakter haben kann, ist dabei nicht sicher, dass das neue Modell des Blindenstockes wirklich „länger“ im Sinne einer effizienteren Planung ist. Zusätzlich, und das ist die Übertragung des Problems der Kopplung von Fitnesslandschaften, wird in einer Situation evolutionärer Konkurrenz, in der auch alle anderen Mitspieler (zumindest potenziell) über einen längeren Blindenstock verfügen, der Planungsvorteil wieder zunichte gemacht und insgesamt ein höheres Niveau der Komplexität und damit auch der Undurchschaubarkeit des evolutionären Prozesses erreicht.

Dies alles ist nicht als ein Argument für Planungspessimismus zu verstehen, lediglich für mehr Nüchternheit bei der Einschätzung möglicher Verbesserungen von Steuerungsinstrumenten und damit für mehr Planungsrealismus. Das Bild des

längeren Blindenstocks macht deutlich, dass es durchaus bessere Planungsinstrumente geben kann, die auch evolutionär nützlich sind und zur Beschleunigung des evolutionären Prozesses beitragen können. Unter Bedingungen der Hyperkomplexität können solche verbesserten Planungsinstrumente sogar eine notwendige Voraussetzung für die Überlebensfähigkeit unter Konkurrenzdruck sein. Es dürfte aber klar geworden sein, dass dadurch die grundsätzliche Blindheit des evolutionären Prozesses im Sinne der Definition von Campbell nicht tangiert wird - der evolutionäre Prozess bleibt offen, nicht gesetzesmäßig planbar und riskiert.

#### **4. Evolutionäre Organisationstheorie**

Ich habe Evolution als einen sich selbst transzendierenden Prozess blinder Variation und selektiver Retention charakterisiert, der selbstorganisiert einen immer komplexer werdenden evolutionären Möglichkeitsraum erkundet. Im Fall der kulturellen Evolution kann ein solcher Prozess als ein KAS modelliert werden, also als ein Mehrebenensystem von Verhaltensregeln (Replikanda), die sozial auf die Akteure des Systems (Interaktoren) verteilt sind, die wiederum durch ihr letztendlich trotz aller Intentionalität und Kreativität regelgeleitetes Verhalten den Variations- und Selektionsprozess vorantreiben. Auch Organisationen werden in diesem Sinne als KAS verstanden, können also grundsätzlich als Systeme verteilten Wissens angesehen werden, die einer evolutionären Logik angepasster Gestaltbildung folgen. Damit ist die evolutionäre Organisationstheorie direkt an wissensbasierte Theorien der Organisationsentwicklung anschlussfähig (Teece u. a. 1997). Aktuell ist hier auch der Ansatz einer kompetenzbasierten Theorie der Firma von Interesse, der sich im Rahmen der evolutionären Organisationstheorie positioniert (Freiling u. a. 2006 und die dort angegebene Literatur).

Zunächst einmal kann festgehalten werden, dass die evolutionäre Organisationstheorie in der Tradition des verhaltenstheoretischen Ansatzes der Carnegie-School mit ihrer Betonung von Verhaltensprogrammen und standardisierten Verfahren steht. Vor diesem theoretischen Hintergrund werden Organisationen als adaptive rationale Systeme betrachtet (Cyert und March). Konkret

sind hier insbesondere das Konzept der begrenzten bzw. lokalen Rationalität (Simon) und die Betonung der Problematik des Umgangs mit Komplexität, Unsicherheit und kausaler Ambiguität in so genannten organisierten Anarchien (March und Olsen) von Bedeutung, die im evolutionären Kontext theoretisch respezifiziert werden können. Die Konzeptualisierung von Agenten in Form von Klassifiziersystemen konkretisiert diese Annahmen und ermöglicht durch die konkrete Formalisierung in KAS die Durchführung von Simulationsexperimenten.

Auch die evolutionäre Theorie ökonomischen Wandels von Nelson und Winter (1982) basiert auf dem verhaltenstheoretischen Ansatz. Allerdings ist die evolutionäre Konzeptualisierung nur halbherzig und kommt nicht über vage Analogieschlüsse hinaus. Der Übergang zu einer methodologisch fundierten Verwendung evolutionärer Denkfiguren in Anlehnung an das Programm des „Universellen Darwinismus“ (vgl. Cziko 1995) wurde dadurch eher erschwert (vgl. auch Hodgson 2002). Außerdem ist der Bezug auf Routinen als basale Verhaltenselemente unglücklich, da dadurch falsche Assoziationen geweckt werden. Dabei ist es wichtig zu betonen, dass auch Nelson und Winter zwischen Routinen niedriger und höherer Ordnung unterscheiden, also zum Beispiel zwischen Ausführungsroutinen und Suchheuristiken. Daran wird deutlich, dass eine zu entwickelnde genuin evolutionäre Organisationstheorie auch die evolutionäre Spezifikation aller Konzepte organisationalen Lernens umfassen muss, vom Verbesserungslernen über das Erneuerungslernen bis hin zum Lernen des Lernens. Die Diskussion von Formen organisationalen Lernens wird im Zusammenhang mit Varianten von Suchheuristiken auf NK-Fitnesslandschaften im letzten Abschnitt wieder aufgegriffen.

Die hier vorgeschlagene Neubestimmung der Evolutionären Organisationstheorie ist als eine Spezialisierung der evolutionären Sozialtheorie explizit einem methodologischen Evolutionismus und damit der Darwinschen Form der Evolutionären Ökonomik verpflichtet (vgl. Kappelhoff 2007). Dadurch grenzt sie sich von allen Varianten der von mir so genannten Schumpeterschen Evolutionären Ökonomik ab, die eigentlich eher ein Sammelbecken heterodoxer Ansätze mit Frontstellung gegen die Neoklassische Ökonomik sind, und evolutionäre Denkfiguren nur in der unverbindlichen Form von Metaphern und Analogiebildungen verwenden.

Der aus meiner Sicht entscheidende Unterschied zwischen diesen beiden Formen einer evolutionären Ökonomik liegt darin, dass in der Darwinschen Variante auch die menschliche Intentionalität, Lernfähigkeit und Kreativität im Rahmen des methodologischen Evolutionismus interpretiert werden – und damit weder implizit noch explizit ein grundlegender Hiatus zwischen der biologischen Evolution und der Evolution des homo sapiens postuliert wird.

Allgemein sei hier zunächst auf die Diskussion der „Blindheit“ evolutionärer Variationsprozesse und die Bedeutung menschlicher Voraussicht in diesem Rahmen im vorigen Abschnitt verwiesen. Von besonderer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist die Unterscheidung zwischen innerer und äußerer Selektion in Hinblick auf Organisationen. Innere Selektion bezieht sich dabei auf die gerade angesprochenen Prozesse organisationalen Lernens und organisationaler Kreativität und kann selbst auf einer Vielzahl von Ebenen erfolgen - so auch der individuellen, der Team- und der Organisationsebene. Externe Selektionsprozesse wurden insbesondere in der Populationsökologie thematisiert, umfassen aber auch Selektionsprozesse in interorganisationalen Netzwerken, organisationalen Feldern und generell auf Märkten. Gerade interorganisationale Netzwerke sind hier eine auch theoretisch besonders anspruchsvolle Konstellation, da hier innere und äußere Selektionsprozesse in komplexer Weise ineinander greifen (Kappelhoff 2007). Insgesamt können die inneren und äußeren Selektionsprozesse in einem Mehrebenenselektionsmodell vereint werden, wobei die innere Selektion in Form einer NK-Fitnesslandschaft in eine übergeordnete CS-Fitnesslandschaft der äußeren Selektion zwischen Organisationen eingebettet wird (vgl. die ausführlichere Diskussion in 5.3). Wissensbasierte Ansätze der Kompetenzentwicklung sind also theoretisch durchaus mit Modellen der Populationsökologie vereinbar.

## **5. Organisationsentwicklung als Management von Komplexität**

Mit der hier skizzierten evolutionären Organisationstheorie liegt ein Rahmen vor, in dem Simulationen zur Kompetenz- und allgemein zur Organisationsentwicklung auf der Grundlage komplexitätstheoretischer Modelle eingeordnet werden können. Im Folgenden soll überblicksartig eine Forschungsrichtung dargestellt werden, die sich

aus der Übertragung und Anwendung von Modellen der Evolution auf NK-Fitnesslandschaften und von Anpassungsprozessen in KAS auf organisationstheoretische Fragestellungen entwickelt hat. Ausgangspunkt sind dabei die Arbeiten von Levinthal (1997), der populationsökologische Modelle mit dem Instrumentarium der NK-Fitnesslandschaften untersucht hat, und von McKelvey (1999), der in einem erweiterten Modell von NKSC-Fitnesslandschaften die innere Selektion von organisationalen Formen mit der externen Selektion durch die marktliche Konkurrenz verbunden hat.

Aus diesen Arbeiten ergaben sich eine Vielzahl von Fragen theoretischer und modelltechnischer Art, die im Rahmen der evolutionären Organisationstheorie präzisiert werden konnten und so zu erweiterten Modellierungsversuchen auf theoretischer Grundlage geführt haben. Diese erweiterten Modelle der NK-Fitnesslandschaften werfen ein neues Licht auf viele Fragen, die klassisch im Rahmen der Organisationstheorie diskutiert wurden - so z.B. die Problematik organisationaler Trägheit, die Frage nach dem Verhältnis von Exploration und Exploitation, die Frage nach der Bedeutung von kognitiven Modellen und Analogieschlüssen für organisationale Suchprozesse und für die Imitierbarkeit von organisationalen Strategien, die Frage nach der Eignung von unterschiedlichen organisationalen Strukturen für die Evolutionsfähigkeit und vieles andere mehr. Dabei erwiesen sich neben dem Modell der NK-Fitnesslandschaften auch grundlegende Aspekte der Konzeptualisierung von KAS als informationsverarbeitende und sozial strukturierte Systeme von theoretisch herausragender Bedeutung.

## **5.1 Suchheuristiken und lokale Optima auf NK-Fitnesslandschaften**

Grundsätzlich gehen alle folgenden Überlegungen davon aus, dass der Raum strategischer Alternativen in Hinblick auf Produktionstechnologien und organisationale Strukturen formal abgebildet und als NK-Fitnesslandschaft dargestellt werden kann. Wie üblich, bezeichnet dabei  $N$  die Anzahl der Komponenten, die insgesamt den organisationalen Strategieraum ausmachen und in ihrer spezifischen Kombination die aktuelle organisationale Form bestimmen. Die Firmen als Akteure verfügen über Suchheuristiken, mit denen sie sich auf dieser NK-Fitnesslandschaft

optimal zu positionieren versuchen. Dabei ist zunächst zu beachten, dass die Art und insbesondere die variable kognitive Tiefe dieser Suchstrategien einen entscheidenden Unterschied zu den biologischen Anwendungsbereichen der Komplexitätstheorie darstellen. Weiter ist zu fragen, über welche Möglichkeiten zur Strukturierung von Organisationsabläufen die strategischen Akteure verfügen, um so die Funktionsweise organisationaler Suchstrategien zu verändern. In diesem Zusammenhang sind dann auch koevolutionäre Strategien von Bedeutung, da dadurch Hinweise auf das Management von Komplexität durch Modularisierung und damit durch die Beeinflussung des Grades der Zerklüftung (K) der Fitnesslandschaft gewonnen werden können.

Zunächst einmal ist es aber wichtig, darauf hinzuweisen, dass das in dieser Basisvariante definierte Optimierungsproblem der Suche nach dem globalen Optimum auf einer zufällig strukturierten NK-Fitnesslandschaft NP-vollständig ist. Auch für (begrenzt) rationale Akteure ist globale Optimierung damit schwierig und bei einer realistischen Betrachtung der allgemein in Sozialwissenschaften und speziell in organisationswissenschaftlichen Anwendungen gegebenen Bedingungen (viele Komponenten (N) mit moderaten bis starken Wechselwirkungen (K)) praktisch unmöglich (vgl. Rivkin 2000) – und dies nicht nur in Hinblick auf die beschränkte menschliche Informationsverarbeitungskapazität oder die aktuelle Kapazität von Großrechenanlagen, sondern für alle denkbaren Informationsverarbeitungssysteme. Damit ist die „Rationalität“ von Suchheuristiken *notwendig* beschränkt und lokal. Wie Rivkin unter Bezug auf Kauffman weiter zeigt, gilt grundsätzlich: Je höher die Dichte der Wechselwirkungen, desto größer die Anzahl der lokalen Optima und desto geringer die durchschnittliche Fitness dieser Optima. Weiter verfügen diese lokalen Optima über ein kleineres Attraktionsgebiet (für lokal-inkrementale Suche) und die Optima selbst sind weniger stark korreliert, d.h. breiter über die Fitnesslandschaft gestreut. Lokale Suchstrategien bleiben also schneller in durchschnittlichen Zuständen stecken und die Chance, durch gezielte „Weitsprung“-Suche gute Optima zu finden, sinkt. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Untersuchung unterschiedlicher Suchheuristiken und kognitiver Modelle zur Unterstützung des Suchprozesses.

## **5.2 Populationen von Organisationen auf NK-Fitnesslandschaften**

Zunächst aber wollen wir uns mit Studien befassen, die populationsökologische Ansätze direkt mit dem Konzept der NK-Fitnesslandschaften verbinden. Insbesondere die Arbeiten von Levinthal haben hier Maßstäbe gesetzt. Levinthal (1997) betrachtet ein organisationales Feld („Industrie“), das durch eine NK-Fitnesslandschaft mit einem spezifischen Verflechtungsgrad der organisationalen Strategieelemente modelliert wird. Organisationen werden als beschränkt rationale Akteure verstanden, die mit unterschiedlichen Suchheuristiken ausgestattet sind. Dazu gehören die lokal-inkrementale Suche ebenso wie „Weitsprung“-Anpassungen (simultane Veränderungen mehrerer Strategiekomponenten) und rekombinatorische Verknüpfungen zur Generierung neuer Organisationsstrategien nach dem Muster eines genetischen Algorithmus. Wie erwartet zeigen die Simulationen, dass sich in zerklüfteten Fitnesslandschaften (hoher Grad organisationsinterner Wechselwirkungen) keine dominante organisationale Form herausbildet – die Firmen also in ihren lokalen Anpassungsstrategien und daraus resultierenden Kompetenzfallen gefangen bleiben. Die Arbeit bietet damit eine neue Erklärung organisationaler Trägheit, zeigt aber auch die Bedeutung von aus Sicht der einzelnen Organisation riskanten Weitsprung-Adaptation für die Explorationsfähigkeit der Population insgesamt und damit für die globale Evolutionsfähigkeit auf.

## **5.3 Organisation und Markt: innere und äußere Selektion**

Aus der interorganisationalen Perspektive von besonderer Bedeutung sind organisationale Suchprozesse, die durch strategisches Handeln von Konkurrenten direkt beeinflusst werden können. Die Fitness einer Gesamtstrategie einer einzelnen Firma hängt dabei nicht allein von den internen Wechselwirkungen ab, wie sie mit dem Instrument der NK-Fitnesslandschaften modelliert werden können. Zusätzlich wird angenommen, dass die fokale Firma in einem Konkurrenzzusammenhang von S Firmen agiert, wobei die Firmen untereinander über ihre Komponenten C-Fach vernetzt sind. Veränderungen in den Kompetenzen konkurrierender Unternehmen haben dadurch direkte Auswirkungen auf die Fitness der fokalen Firma, so dass sich die Veränderung der firmenspezifischen Fitness nicht allein aus den firmeninternen Anpassungsprozessen bestimmen lässt. Es handelt sich also um ein Modell mit S koevolutionär gekoppelten Fitnesslandschaften. Wie in 2.1 kurz dargestellt, hat Kauffman in diesem Kontext die simulationstechnisch nur schwach gestützte

Hypothese von der Koevolution am Rande des Chaos aufgestellt. Hier sei zusätzlich angemerkt, dass eine solche koevolutionäre Selbstorganisation optimaler Evolutionsfähigkeit auch als evolutionärer Kompromiss zwischen einem evolutionsstabilen, aber nicht entwicklungsfähigen Zustand im Sinne eines Nash-Gleichgewichts von Firmenstrategien auf der einen Seite und einer nie zur Ruhe kommenden chaotischen Reaktivität von Firmen in einem strategischen Rüstungswettlauf bei hohem Konkurrenzdruck auf der anderen Seite verstanden werden kann.

McKelvey (1999) hat in einer Simulationsstudie versucht, die Bedingungen zu spezifizieren, die die Vermeidung einer solchen von ihm so genannten koevolutionären Komplexitätskatastrophe im Sinne eines endlosen strategischen Rüstungswettlaufs begünstigen. Er findet eine U-förmige Beziehung zwischen Fitness und innerer Komplexität der Firmen. Danach sind Firmen, deren innere Komplexität (K) deutlich unter der des Marktes (C) liegt, durch Angriffe von Wettbewerbern besonders verwundbar. Nach dem Gesetz der erforderlichen Komplexität sollte die innere Komplexität einer Firma in etwa der äußeren Komplexität des Marktes entsprechen – optimal wäre eine Komplexität gerade unterhalb der des Marktes.

#### **5.4 Kognitive Modelle zur Unterstützung von Suchheuristiken**

Bisher gingen die Simulationsexperimente davon aus, dass die Suchheuristiken nur in Form von inkrementalen Veränderungen, zufälligen Weitsprung-Anpassungen und Rekombinationen erfolgreicher Substrategien vorlagen. Eine explizite Inkorporation von kognitiven Modellen in die Erkundung von NK-Fitnesslandschaften wird in den Arbeiten von Gavetti und Levinthal (2000) und von Rivkin (2000, 2001) untersucht. Gavetti und Levinthal fragen, wie niedrigdimensionale kognitive Repräsentationen von Fitnesslandschaften bei der Suche nach überlegenen Strategien hilfreich sein können. Dabei können diese niedrigdimensionalen Repräsentationen mehr oder weniger zutreffend die übergeordnete Fitnesslandschaft abbilden. Gerade bei moderater Komplexität erweisen sich niedrigdimensionale Repräsentationen als nützlich für eine eher global operierende Exploration der Fitnesslandschaft in Form von kognitiv unterstützten Weitsprung-Adaptationen. Erst in einem zweiten Schritt

sind dann lokal beschränkte, also exploitative Suchstrategien nützlich. Kontraintuitiv zeigt sich aber auch, dass auch bei wenig zutreffenden kognitiven Repräsentationen die explorative Suchphase weiterhin einen gewissen Anpassungswert hat.

In beiden Fällen sind diese explorativen Weitsprung-Adaptionen mit Unterstützung niedrigdimensionaler kognitiver Repräsentationen aber mit dem Verlassen einer spezifischen organisationalen Nische und dem darin vorhandenen, zumeist impliziten Wissen verbunden. Damit wird auch ein Zeitfaktor bedeutsam, da die Suche nach einer neuen kognitiven Nische und damit der Aufbau neuen impliziten Wissens nach einer explorativen Weitsprung-Anpassung Zeit kostet, die bei starkem Wettbewerbsdruck vielleicht nicht zur Verfügung steht.

Nur kurz sei erwähnt, dass sich ähnliche Probleme auch bei der firmenspezifischen Replikation von bewährten Organisationsstrategien in einem ähnlichen, aber nicht identischen selektiven Umfeld stellen – gerade dies ist die entscheidende Eigenschaft dynamischer Kompetenzen. Rivkin (2000, 2001) untersucht im Einzelnen, unter welchen Umständen eine solche unternehmensweite Replikation von Kompetenzen möglich ist, ohne diese Kompetenz soweit zu formalisieren und zu trivialisieren, dass sie auch von externen Konkurrenten ohne größeres Risiko imitiert werden kann. Er kommt zu dem Ergebnis, dass gerade eine moderate Komplexität von Fitnesslandschaften einen Vorteil für Replikations- im Vergleich zu Imitationsversuchen darstellt – eine Aussage, die für die Theorie der dynamischen Entwicklung von Kernkompetenzen von zentraler Bedeutung ist. Nur in diesem Zwischenbereich moderater Komplexität ist es nämlich möglich, dass der Informationsvorsprung der replizierenden Firma gegenüber einer imitierenden Firma bei den erforderlichen Lernprozessen ins Gewicht fällt.

## **5.5 Organisationale Strukturen und Anpassungen auf NK-Fitnesslandschaften**

Bisher wurde davon ausgegangen, dass sich die Organisation als *Einheit* auf der für sie relevanten NK-Fitnesslandschaft bewegt. Indem man Elemente von KAS in die Modelle der NK-Fitnesslandschaften einbaut, ist es aber möglich, auch die Bedeutung von Organisationsstrukturen für die Anpassungsfähigkeit zumindest in

einfachen Fällen in Simulationsexperimenten zu untersuchen. Im einfachsten Fall wird eine interne Struktur mit zwei Abteilungen und einer Zentrale modelliert, wobei die Abteilungen unterschiedlichen Anpassungslogiken folgen können. Dadurch wird die einheitliche Fitnesslandschaft des Unternehmens koevolutionär durch Modularisierung, Patching und Coevolving (Eisenhardt und Bhatia 2002, S. 455 ff.) aufgebrochen. Die einzelnen Abteilungen können in ihrem Bereich mögliche Anpassungen evaluieren, und dabei einer intern beschränkten oder auch einer unternehmensübergreifenden Strategiebewertung folgen. Weiter können die Abteilungen eine oder mehrere neue Strategievarianten auswählen und der Zentrale vorlegen. Durch Rekombination und Neubewertung auf der Unternehmensebene ermittelt dann die Zentrale aus diesen, und das ist wichtig, *nur* aus diesen Vorschlägen die firmenweit optimale Anpassung, wobei hier wiederum verschiedene Parameter das Verhalten der Zentrale spezifizieren können, auf die ich aber hier aus Platzgründen nicht weiter eingehen kann.

Ein zentrales Ergebnis dieser Simulationen von Anpassungsleistungen in Abhängigkeit von der organisationalen Strukturierung ist, dass die Haltepunkte (Sticking-Points) solcher Prozesse nicht notwendig mit den lokalen Optima der zugrunde liegenden NK-Fitnesslandschaft übereinstimmen müssen (Rivkin und Siggelkow 2002). Gerade diese auf den ersten Blick negative Konsequenz einer Delegation von Anpassungsleistungen auf Unterabteilungen selbst bei nachfolgender zentraler Koordination kann aber genutzt werden, um die Explorationsfähigkeit eines Unternehmens zu steigern. Mit dem Schlagwort „Temporarily Divide to Conquer“ postulieren Siggelkow und Levinthal (2003) eine Abfolge von dezentralisierten und reintegrierten organisationalen Suchprozessen, durch die die explorative Fähigkeit der dezentralen Suche mit der zeitlich nachfolgenden inkrementalen lokalen Optimierung in einer reintegrierten Struktur verbunden wird.

## 6. Ausblick

Damit ist der Überblick über die komplexitätstheoretische Modellierung von Anpassungsproblemen von Organisationen mit dem Instrumentarium der NK-Fitnesslandschaften und mit Hilfe des Modells von KAS noch längst nicht vollständig. Zu erwähnen wären insbesondere Versuche, die die Voraussetzung der zufälligen Verteilung der Wechselwirkungen zwischen den Fitnesskomponenten bei gegebener durchschnittlicher Anzahl der Wechselwirkungen ( $K$ ) aufzuheben. Dazu wird die Vernetzungsstruktur der Komponenten von komplexen Technologien direkt modelliert, um daraus Managementkonsequenzen abzuleiten, die gerade für Ansätze der Modularisierung von technologischen und organisationalen Abläufen und insbesondere für die Integration von marktlichen Steuerungselementen in Organisationen von zentraler Bedeutung sind (vgl. Rivkin und Siggelkow 2007).

Abschließend kommt es mir aber eher darauf an, an die sozialtheoretische Problematik der Übertragung von Modellen der Selbstorganisation und Evolution zu erinnern. Voraussetzung für die Übertragbarkeit und Anwendbarkeit dieser Modelle ist vor allem eine weitere Ausarbeitung der evolutionären Sozialtheorie und des Konzepts der Verhaltenssteuerung durch Regeln. Vor diesem Hintergrund müssen dann auch die hier nur kurz angedeuteten Lernmechanismen auf der Grundlage blinder Variation und selektiver Retention konkretisiert werden. Dabei kann zusätzlich an Überlegungen der evolutionären Erkenntnistheorie und evolutionären Psychologie angeknüpft werden. Wichtig ist mir aber zu betonen, dass bei aller modelltechnischen Präzision ein gewisses qualitatives Modelldenken erforderlich bleibt, um die sozialtheoretischen Konsequenzen dieser Art von Modellierung einschätzen zu können. Letztlich, so meine Prognose, wird die Akzeptanz dieser Modellsimulationen auf evolutionärer Grundlage nicht in erster Linie von der technischen Raffinesse der Simulationsexperimente abhängen, sondern davon, ob es gelingt die sozialtheoretischen Grundlagen und hier insbesondere die evolutionäre Rekonstruktion von Prozessen menschlicher Intentionalität und Kreativität zu vermitteln und auch trotz entgegenstehender tief verwurzelter Überzeugungen verständlich zu machen.

- Brown, S./Eisenhardt, K.M. (1998): *Competing on the Edge*. Boston.
- Campbell, D.T. (1974): *Evolutionary Epistemology*. S. 413-463 in: Schilpp, P.A. (Hrsg.): *The Philosophy of Karl Popper, Vol. I*. La Salle.
- Cziko, G. (1995): *Without Miracles. Universal Selection Theory and the Second Darwinian Revolution*. Cambridge, MA.
- Eisenhardt, K.M./Bhatia, M.M. (2002): *Organizational Complexity and Computation*. S. 442-466 in: Baum, J.A.C. (Hrsg.): *Companion to Organizations*. Oxford.
- Freiling, J./Gersch, M./Goeke, C. (2006): *Eine „Competence-based Theory of the Firm“ als marktprozess-theoretischer Ansatz*. S. 37-82 in: Schreyögg, G./Conrad, P. (Hrsg.): *Management und Kompetenz. Managementforschung 16*. Wiesbaden.
- Gavetti, G./Levinthal, D.A. (2000): *Looking Forward and Looking Backward: Cognitive and Experiential Search*. *Administrative Science Quarterly* 45: 113-137.
- Hayek, F.A. (1983): *Die überschätzte Vernunft*. S. 164-192 in: Riedl, R./Kreuzer, F. (Hrsg.): *Evolution und Menschenbild*. Hamburg.
- Hodgson, G.M. (2002): *Darwinism in Economics: From Analogy to Ontology*. *Journal of Evolutionary Economics* 12: 259-281.
- Holland, J.H. (1995): *Hidden Order*. Cambridge, MA.
- Kappelhoff, P. (2000): *Komplexitätstheorie und Steuerung von Netzwerken*. S. 347-389 in: Sydow, J./Windeler, A. (Hrsg.): *Steuerung von Netzwerken*. Opladen.
- Kappelhoff, P. (2002): *Komplexitätstheorie. Neues Paradigma für die Managementforschung?* S. 49-101 in: Schreyögg, G./Conrad, P. (Hrsg.): *Theorien des Managements. Managementforschung 12*. Wiesbaden.
- Kappelhoff, P. (2007): *Kompetenzentwicklung in Netzwerken: Die Sicht der Komplexitäts- und Evolutionstheorie*. Erscheint in: Windeler, A./Sydow, J. (Hrsg.): *Kompetenz: Individuum, Organisation, Netzwerk*. Wiesbaden.
- Kauffman, S.A. (1993): *The Origins of Order*. Oxford.
- Kauffman, S.A. (1996): *Der Öltropfen im Wasser. Chaos, Komplexität, Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft*. München.
- Levinthal, D.A. (1997): *Adaptation on Rugged Landscapes*. *Management Science* 43: 934-950.
- Luhmann, N. (1983): *Evolution - kein Menschenbild*. S.193-205 in: Riedl, R./Kreuzer, F. (Hrsg.): *Evolution und Menschenbild*. Hamburg.
- McKelvey, B. (1999): *Avoiding Complexity Catastrophe in Coevolutionary Pockets: Strategies for Rugged Landscapes*. *Organization Science* 10: 294-321.

Nelson, R.R./Winter, S.G. (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge, MA.

Popper, K. (1972): Objektive Erkenntnis. Hamburg.

Resnick, M. (1997): Turtles, Termites, and Traffic Jams. Cambridge, MA.

Richerson, P.J./Boyd, R. (2005): Not by Genes Alone. Chicago.

Rivkin, J.W. (2000): Imitation of Complex Strategies. Management Science 46: 824-844.

Rivkin, J.W. (2001): Reproducing Knowledge: Replication without Imitation at Moderate Complexity. Organization Science 12: 274-293.

Rivkin, J.W./Siggelkow, N. (2002): Organizational Sticking Points on NK-Landscapes. Complexity 7: 31-43.

Rivkin, J.W./Siggelkow, N. (2007): Patterned Interactions in Complex Systems. Management Science 53: 1068-1085.

Siggelkow, N./Levinthal, D.A. (2003): Temporarily Divide to Conquer: Centralized, Decentralized, and Reintegrated Organizational Approaches to Exploration and Adaptation. Organization Science 14: 650-669.

Teece, D.J./Pisano, G./Shuen, A. (1997): Dynamic Capabilities and Strategic Management. Strategic Management Journal 5: 509-534.

Tilebein, M. (2005): Nachhaltiger Unternehmenserfolg in turbulenten Umfeldern. Die Komplexitätsforschung und ihre Implikationen für die Gestaltung wandlungsfähiger Unternehmen. Frankfurt.