

# **Warum ist die Soziologie noch keine Modellwissenschaft?**

**Peter Kappelhoff**

**Oktober 2001**

Prof. Dr. Peter Kappelhoff  
Bergische Universität - Gesamthochschule Wuppertal  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaft  
Gaußstr. 20  
42097 Wuppertal  
Tel.: 0202 439 2460/2461  
E-mail: [kappelho@uni-wuppertal.de](mailto:kappelho@uni-wuppertal.de)

### **Zusammenfassung:**

Das Argument basiert auf der Unterscheidung von metaphysischen, metabiologischen und metasozialen Modellen. Metaphysische Modelle sind Selbstorganisationsmodelle. Ihnen fehlen aber die für metabiologische und metasoziale Modelle grundlegende analytische Unterscheidung zwischen Replikanda und Interaktoren auf der Grundlage eines methodologischen Evolutionismus und die darauf aufbauenden grundlegenden Mechanismen der Evolution, nämlich blinde Variation und selektive Reproduktion. Metabiologische bzw. metasoziale Modelle enthalten als grundlegende Ausstattung einen symbolischen Gestaltungsraum, ein System von Wechselwirkungen und ein Agentenmodell. Allerdings bleiben die in metabiologischen Modellen verwendeten Agentenmodelle ebenso wie der zugehörige genetische Gestaltungsraum weit hinter der steuernden Komplexität sinnorientiert und reflektiert handelnder sozialer Akteure zurück. Es wird untersucht, inwieweit Elemente metasozialer Komplexität in den vorhandenen Simulationen evolutionärer Mechanismen zumindest in Ansätzen bereits enthalten sind, welche Entwicklungsmöglichkeiten sich auftun und welche Konsequenzen sich daraus für eine wechselseitige Stimulierung der Entwicklung von formalen Modellen auf der einen und soziologischen Theorien auf der anderen Seite ergeben. Hervorgehoben wird die Bedeutung einer Top down-Logik als notwendige Ergänzung der üblicherweise im Vordergrund stehenden Bottom up-Logik in Multiagentensystemen. Zusammenfassend werden einige methodologische und theoretische Argumente zugunsten der Behauptung vorgebracht, dass sich auf diesem Wege neue Chancen für eine theoretische Integration der drei großen sozialtheoretischen Paradigmen, nämlich RC-Ansatz, Systemtheorie und interpretative Soziologie, ergeben.

## 1. Situationsanalyse

Die Soziologie steckt nach wie vor in einer Theoriediskussion. Auf der einen Seite findet sich eine erfolgreiche, aber theorieferne empirische Sozialforschung und auf der anderen eine Vielzahl konkurrierender theoretischer Ansätze mit wenig Kommunikation zwischen den Paradigmen. Insbesondere konnte sich der umfassende Erklärungsanspruch des RC-Ansatzes als der am genauesten ausgearbeiteten und am weitesten formalisierten soziologischen Theorie nicht durchsetzen. Gründe dafür sind:

- Die Grundlagenkrise der Neoklassik in der Ökonomie (vgl. Hahn 1991) als der Orientierungswissenschaft für den RC-Ansatz.
- Trotz vielversprechender Anfangserfolge erweist sich der RC-Ansatz mehr und mehr als stagnierendes Forschungsprogramm.
- Die engen Restriktionen des theoretischen Kerns, insbesondere die Rationalitätsannahme und der methodologische Individualismus, behindern sinnvolle Theorieerweiterungen, die eine echte Integration systemtheoretischer und interpretativer Elemente (regelgeleitetes Handeln, Interpretationsleistung der Akteure, Autonomie von Systemebene und kultureller Ebene) ermöglichen würde.

Parallel zu dieser Diversifikation in der Stagnation in der Sozialtheorie entwickelt sich die mathematische Allgemeine Systemtheorie seit den 70er Jahren stürmisch und auf breiter Front weiter. Stichworte in diesem Zusammenhang sind: Selbstorganisationsmodelle, autopoietische Systeme, Katastrophentheorie, Chaostheorie, Komplexitätstheorie, Künstliches Leben, Verteilte Künstliche Intelligenz, parallel operierende Multiagentensysteme und schließlich Künstliche Gesellschaften (siehe insbesondere auch das Journal of Artificial Societies and Social Simulation <<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html>>). Zusätzlich gestützt auf eine systemische Evolutionstheorie, die die theoretischen Einengungen des genetischen Reduktionismus überwindet, ist der Modellrahmen einer Allgemeinen Systemischen Evolutionstheorie (ASE) erkennbar, die bereits zur Grundlage einer Vielzahl von theoretisch relevanten, auf evolutionären Mechanismen beruhenden Simulationsstudien geworden ist (vgl. Kappelhoff 2002). Damit hat sich die den Sozialwissenschaften zur Verfügung stehende Modellierungskapazität dramatisch erweitert. Neben Modellen, die aus Physik, Chemie, Biologie und Ökonomie importiert und im sozialtheoretischen Kontext respezifiziert wurden, sind zum ersten Mal die Umrisse eines genuin soziologischen Modells der Evolution sozialkultureller Prozesse erkennbar. Um dieses Entwicklungspotential zu spezifizieren, skizziere ich im folgenden eine hierarchische

Modellfamilie, die aus metaphysischen, metabiologischen und genuin metasozialen Modellen besteht.

Kern der folgenden Überlegungen ist dabei die These, dass sich vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen der Modellkern für eine evolutionäre Sozialwissenschaft abzeichnet, die über ein ernstzunehmendes Potential zur Integration der drei sozialtheoretischen Hauptströmungen, nämlich RC-Ansatz, Systemtheorie und interpretative Soziologie, verfügt. Das allgemeine metasoziale Modell besteht analytisch aus den folgenden drei Komponenten: einem Agentenmodell, einem sozialen System von Wechselwirkungen und einem kulturellen Gestaltungsraum. Die zugrundeliegende naturalistisch-emergentistische Methodologie hat dabei durchaus Spielraum für interpretative und kreative Leistungen der Agenten, verstanden als regelgeleitet operierende nichttriviale Maschinen. Anders ausgedrückt, Agenten werden als komplexe adaptive Systeme modelliert. Damit können soziale Prozesse am ehesten als komplexe adaptive Systeme (KAS), die wiederum aus komplexen adaptiven Systemen bestehen, verstanden werden. Diese KAS aus KAS folgen einer evolutionären Dynamik auf einer Vielzahl von Ebenen (vgl. Kappelhoff 2000).

Allerdings wird die theoretische Relevanz von Simulationsstudien auf der Grundlage der ASE nicht voll erkannt und zum Teil auch falsch eingeschätzt. Die Gründe dafür sind vielfältig: Zum einen haben die Verfasser von Simulationsstudien häufig nur geringe Kenntnisse der soziologischen Theorie. Andererseits verkennen die soziologischen Theoretiker das Potential von Simulationsstudien. So wird den Simulationsstudien einerseits überwiegend naiv eine individualistische Methodologie unterstellt und andererseits ist die Rezeption von Simulationsstudien in der Soziologie außerhalb der RC-Gemeinde mehr als begrenzt. Insbesondere wird von „agentenbasierten“ Modellen gesprochen. Damit wird eine Fundierungslogik suggeriert, die von „autonomen“ Agenten ausgeht, die im Sinne einer Bottom up-Logik emergente Effekte produzieren (z.B. Epstein und Axtell 1996). Die komplementäre Sicht einer Top down-Logik und der damit verbundenen Konstitutionseffekte kommt nicht ins theoretische Blickfeld. Auch die Kritik von Vertretern der „verstehenden“ Soziologie an dem „mechanistischen“ Charakter der verwendeten Agentenmodelle wird kaum aufgenommen, obwohl die oben kurz skizzierten Entwicklungen zu einer neuen ASE dazu interessante Anknüpfungspunkte liefern.

## **2. Methodologischer Evolutionismus**

Grundlegend für das Folgende ist ein methodologischer Evolutionismus, der sich an den beiden grundlegenden Mechanismen der Evolution, nämlich blinder Variation und selektiver Reproduktion, orientiert. Biologische und sozialkulturelle KAS aus KAS werden als algorithmisch gesteuerte Mehrebenensysteme angesehen, die einer koevolutionären Dynamik auf der Grundlage der gerade angeführten grundlegenden Mechanismen folgen.

Grundsätzlich folgen die Überlegungen einem abstrakten Relationismus, wie er für die Soziologie programmatisch von Emirbayer (1997) expliziert wurde. Der Relationismus vollzieht die Denkbewegung vom Substanz- zum Prozessdenken, vom statischen Struktur- zur dynamischen Beziehungsanalyse und vom Essentialismus zum Evolutionismus. Vordenker in der Soziologie sind insbesondere Simmel (1968) und Mead (1973), aber auch Elias (1970) oder White (1992), um nur einige modernere Theoretiker zu nennen, die versucht haben, diesem Gedanken mehr als nur beiläufige oder nur diffus-metaphorische Aufmerksamkeit zu schenken. Die Propensitätentheorie von Popper (1990) macht deutlich, dass ein solcher Relationismus nicht statisch-strukturell, sondern offen vor dem Hintergrund einer sich entfaltenden Welt verstanden werden muss. Propensitäten sind objektive Dispositionen (in Abgrenzung zu subjektiven Wahrscheinlichkeiten) in einem Feld sich dynamisch entwickelnder Beziehungen, die sich ständig in Abhängigkeit von den erzeugenden Bedingungen, insbesondere also von den problemlösenden und nichtintendierte Folgen erzeugenden Handlungen von Menschen, verändern.

Den folgenden Überlegungen liegt die analytische Unterscheidung von Replikanda und Interaktoren (vgl. Ghiselin 1997) zugrunde. Danach sind die Algorithmen, die den Gegenstand evolutionärer Modelle bilden, auf der symbolischen Ebene als Replikanda codiert und steuern über ihre Expressionen als Interaktoren gleichzeitig den evolutionären Prozess. Diese Unterscheidung läuft in vielerlei Hinsicht parallel zu ähnlichen Unterscheidungen, etwa der von Code und Prozess bei Giesen (1991), von Welt3 und Welt2 bei Popper (1984) und von Kultur und interaktiven Prozessen bei Archer (1988). In allen Fällen geht es darum, die autonome Existenz eines symbolischen Gestaltungsraumes und dessen Rückwirkungen auf soziale Prozesse zunächst begrifflich zu fassen und dann theoretisch zu untersuchen.

Auf dieser Ebene der Abstraktion kann man ein algorithmisches Verständnis von Evolution formulieren (Dennett 1997), das die biologische und sozialkulturelle Evolution umfasst und das die Grundlage für die Modellierung allgemeiner evolutionärer Mechanismen bildet. Die genetisch

bzw. symbolisch codierten Programme bilden in der Form von Genen bzw. Handlungsregeln (Memen) die Replikanda, die durch ihre Expressionen als Interaktoren in Form von Organismen bzw. sozialen Akteuren den biologischen bzw. sozialkulturellen Prozess in Gang halten. Die daraus resultierende Dynamik des ökologischen bzw. sozialkulturellen Systems schafft die Voraussetzungen für die selektive Reproduktion der Replikanda. Mit Hilfe eines blinden Variationsmechanismus werden dabei ständig neue genetische (Mendels Bibliothek; Dennett 1997) bzw. sozialkulturelle (Bibliothek von Babel; Borges 1981) Programmvarianten ausgetestet. Auf diese Weise wird in einem historisch kontingenten Prozess ein biologischer bzw. sozialkultureller Möglichkeitsraum erkundet, der durch Attraktoren unterschiedlicher Gestalt und mit verschieden großen Einzugsgebieten charakterisiert ist.

### **3. Metaphysikalische, metabiologische und metasozilogische Modelle**

Im folgenden unterscheide ich in Abhängigkeit von der minimal erforderlichen Komplexität der den Evolutionsprozess steuernden algorithmischen Programmarchitektur grob zwischen drei Modellfamilien, die sich in ihrem realitätskonstituierenden und forschungsleitenden Weltbild, d.h. in ihrem „metaphysischen“ Hintergrundannahmen und in ihrem Verständnis von operativer Steuerung, grundsätzlich unterscheiden: nämlich metaphysikalische, metabiologische und metasozilogische Modelle. In dieser Reihenfolge spiegelt sich eine hierarchische Ordnung wider, da die die Modellkonstruktionen anleitenden Weltbilder von der Metaphysik über die Metabiologie bis hin zur Metasozilogie in der operativen Form ihrer Steuerungslogik zunehmend komplexer werden. Wie sich zeigen wird, sind die meisten Simulationsmodelle (höchstens) Selbstorganisationsmodelle vor dem Hintergrund eines metaphysikalischen Weltbildes. Ihre dynamischen Mechanismen erreichen nicht die Ebene der Komplexität biologischer Evolution, da sie nicht über die für evolutionäre Modelle konstitutiven unabhängigen Mechanismen blinder Variation und selektiver Reproduktion verfügen. Die für sozialkulturelle Evolution konstitutive operative und kognitive Komplexität sinnorientierten Handelns wird, wenn überhaupt, in den zur Zeit gebräuchlichen Simulationsmodellen nur in Ansätzen erreicht.

In metaphysikalischen Modellen entsteht die Dynamik aus den Wechselwirkungen zwischen Elementen. Dazu gehören die üblicherweise mit Bezug auf Newton als „mechanistisch“ bezeichneten Modelle der klassischen Partikeldynamik ebenso wie die der statistischen Mechanik. Dazu gezählt werden müssen aber auch alle Modelle des Selbstorganisationsparadigmas (vgl. Müller-Benedict 2000) mit ihren rekursiv vernetzten nichtlinearen Wechselwirkungen, seien es

solche physikalischer Provenienz in der Tradition von Prigogine (1979) [dissipative Strukturen] oder Haken (1996) [Synergetik] oder solche biologischer Provenienz in der Tradition von Maturana und Varela (1987) [Autopoiesis]. Auch die meisten der in der Soziologie gebräuchlichen Modellansätze sind in diesem Sinne metaphysikalisch, so insbesondere die Modelle der Allgemeinen Gleichgewichtstheorie, der Klassischen Spieltheorie, aber auch z.B. das Segregationsmodell von Schelling oder auch dynamisierte Versionen des Makro-Mikro-Makro-Modells (Coleman 1990) – soweit man in diesen Fällen überhaupt von Modellen sprechen kann, die Wechselwirkungen zwischen konkreten Elementen des Systems abbilden und nicht lediglich Fixpunktsätze bemühen.

#### **4. Minimal erforderliche Komplexität in metabiologischen Modellen**

Im Unterschied dazu sind metabiologische Modelle durch einen evolutionären Mechanismus im oben definierten Sinne gekennzeichnet. Das Kriterium kann am besten an Modellen der evolutionären Spieltheorie verdeutlicht werden. Solange diese Modelle lediglich eine Menge von Strategien umfassen, deren adaptive Dynamik im Hinblick auf ein Fitnesskriterium durch einen Darwinschen Replikatormechanismus modelliert wird, handelt es sich lediglich um halbierte bzw. pseudo-metabiologische Modelle. Echte metabiologische Modelle verfügen darüber hinaus noch über einen blinden Variationsmechanismus. Dazu ist es notwendig, einen Gestaltungsraum, d.h. einen Raum möglicher Strategievariationen zu konstruieren und auf diesem einen blinden Variationsmechanismus, d.h. ein Explorationsverfahren, zu installieren, das unter den gegebenen externen Restriktionen letztlich blind, d.h. unabhängig von der selektiven Dynamik operiert. Erst dadurch erhält die Redeweise von einem Gestaltungsraum eine präzise Bedeutung, da durch den Variationsmechanismus Mutationsdistanzen zwischen verschiedenen Strategievarianten im Gestaltungsraum definiert werden. In diesem Sinne werde ich im folgenden von biologischen bzw. sozialkulturellen Topologien sprechen.

Das Axelrod-Experiment (vgl. Axelrod 1991) kann als Beispiel für ein Feldexperiment angesehen werden, das mindestens durch einen metabiologischen Mechanismus modelliert werden muss, da die Teilnehmer des zweiten Wettbewerbs ihre Strategien vor dem Hintergrund ihrer Erfahrungen im ersten Wettbewerb und der daraus abgeleiteten Erwartungen an den zweiten Wettbewerb als Elemente des zugrunde liegenden Gestaltungsraumes, also des Raumes aller programmierbaren (denkbaren?) Strategien des iterierten Gefangenendilemmas, neu bestimmen konnten. Dabei ist allerdings bereits hier offensichtlich, dass die Komplexität der steuernden Mechanismen im

Axelrod-Feldexperiment - nicht aber in den gleich zu besprechenden Simulationsexperimenten - die für einen biologischen Mechanismus erforderliche minimale Komplexität von blinder Variation und selektiver Reproduktion weit übersteigt. Ich werde darauf im Zusammenhang der Diskussion metasozioologischer Modelle zurückkommen.

Sowohl Axelrod selbst (1997) wie auch viele andere Wissenschaftler (stellvertretend seien hier nur Lindgren und Nordahl (1995) und Lomborg (1996) genannt) haben evolutionäre Modelle entwickelt und in ihrer Dynamik untersucht, die die Evolution von Kooperation vor dem Hintergrund des Axelrod-Feldexperiments simulieren sollen. Als evolutionäre Simulationsmodelle der genuin metabiologischen Kategorie enthalten sie als Minimalausstattung die folgenden Elemente:

Zunächst einmal einen **Gestaltungsraum**, d.h. im konkreten Anwendungsfall eine „kulturelle“ Topologie bestehend aus der Menge aller im Simulationsexperiment möglichen Strategien im iterierten Gefangenendilemma zusammen mit einem blinden Variationsmechanismus. Im Fall von Axelrod sind dies alle Strategien des iterierten Gefangenendilemmas mit einem Drei-Runden-Gedächtnis – insgesamt etwa 18 Trilliarden mögliche Strategien. Die Codes dieser Strategien sind die Replikanda des kulturellen Raums und der Variationsmechanismus legt die Distanzen zwischen diesen Codes fest. Je nach Ausgestaltung des genetischen Algorithmus, etwa nur Bitflips oder zusätzlich auch Crossover, kann nämlich die Mutationsdistanz zwischen zwei Strategien, also die Zahl der erlaubten Mutationsschritte, die benötigt werden, um von Strategie 1 zu Strategie 2 zu gelangen, höchst unterschiedlich sein. Natürlich kann sich der Gestaltungsraum in anderen Modellen der metabiologischen Kategorie auch auf genetisch codierte Informationen beziehen. Daneben kommen auch selbstreplikationsfähige Programme im Rahmen artifizieller Evolution wie im Falle des TIERRA-Simulationsexperiments von Ray (1992) oder auch Strategien im Rahmen von Modellen der Evolution verteilter künstlicher Intelligenz (vgl. Malsch 1997) als Grundlage für den Gestaltungsraum in Betracht.

Zusätzlich eine **Ökologie**, bzw. ein **soziales System**, das die Wechselwirkungen zwischen den Interaktoren beschreibt. Im Axelrod-Beispiel sind die Interaktoren direkte Expressionen der zugrunde liegenden Replikanda. Die Agenten ( $\equiv$ Interaktoren) handeln im institutionellen Rahmen des Spiels situationsabhängig gemäß der durch sie repräsentierten Strategie. Das soziale System der Wechselwirkungen zwischen den Interaktoren kann entweder extern fixiert sein oder sich selbst modellintern auf Grund von Handlungen der Agenten im Rahmen ihrer Strategienevolution

verändern (Partnerselektion, Gedächtnis, Lernen aus Erfahrung, usw.; siehe Kap. 6). Darüber hinaus können die Wechselwirkungen lokal oder global organisiert sein. Alles dies ist von entscheidender Bedeutung für das Ausmaß der Kooperation und für die emergierende Ungleichgewichtsdynamik (Lock-in in einen stabilen Zustand, Grenzyklen, durchbrochene Gleichgewichte, chaotische Entwicklungen, usw. [siehe Kap. 6]). Entscheidend für die selektive Reproduktion ist der interaktive Erfolg der Agenten vor dem Hintergrund eines Fitnesskriteriums, das letztlich über die Reproduktionschancen der Interaktoren entscheidet. Auch hier sind grundsätzlich eine Vielzahl von Reproduktionsmechanismen mit extern definierten oder implizit gegebenen Fitnesskriterien denkbar, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden kann.

Und schließlich ein **Agentenmodell**, das die Expression der in den Replikanda codierten Information in den Interaktoren beschreibt. Im Falle des Axelrod-Experiments sind die Agenten einfach Träger einer codierten Strategie des iterierten Gefangenendilemmas, die die Handlungen der Agenten, also Kooperation bzw. Defektion, in Abhängigkeit von Situation und Interaktionsgeschichte direkt steuert. Im Falle von Organismen sind die Agenten Expressionen der jeweiligen individuellen Genome, die sich in einem komplexen Prozess epigenetisch entfalten. Für soziologische Anwendungen sind insbesondere Modelle von Interesse, die bei der Erforschung künstlicher Intelligenz entwickelt wurden. So sind z.B. Agenten als Teilnehmer auf Finanzmärkten relativ komplex als Klassifiziersysteme (vgl. Holland und Miller 1991) modelliert worden (vgl. Arthur et al. 1997). Direkt relevant sind auch Forschungen auf dem Gebiet der Verteilten Künstlichen Intelligenz (VKI), deren Bedeutung für sozialtheoretische Fragestellungen erst kürzlich Malsch (1997) vor dem Hintergrund des Sozionik-Forschungsprogramms herausgestellt hat.

Von besonderem theoretischen Interesse für Soziologen ist dabei die Frage, auf welchen Ebenen „Handlungsfähigkeit“ und „adaptive Intelligenz“ in diesen Modellen angesiedelt sind. Diese Fragen haben einen direkten Bezug zu grundlegenden Problemen der soziologischen Handlungstheorie und stellen, wie im einzelnen zu belegen wäre, die naive Verwendung einer individualistisch-rationalistischen Begrifflichkeit in Frage (zu Formen kultureller Gruppenselektion siehe Kappelhoff 2002 und die dort angegebene Literatur). Hier soll ein kurzer Hinweis auf Modelle, die Organisationen als Systeme verteilter sozialer Intelligenz begreifen (vgl. Hutchins 1995), und generell auf Modelle paralleler Informationsverarbeitung (vgl. Kelly 1994) genügen (siehe dazu auch Kap. 6 und 7).

## 5. Zur Abgrenzung metasoziologischer Modelle

Wenn man an die scheinbare Austauschbarkeit der Begriffsvarianten genetischer Gestaltungsraum bzw. kulturelle Topologie, ökologisches bzw. soziales System und Organismen/Agenten bzw. soziale Akteure denkt, wird deutlich, dass dem gleichen formalen Modell aus der metabiologischen Modellklasse qua Semantik eine Vielfalt von sozialwissenschaftlichen Anwendungsbereichen „angedichtet“ werden kann, die mit der Komplexität der steuernden Mechanismen im Modell nur sehr rudimentär abgebildet werden können. Gerade diese Problematik ist ein Hauptmotiv für meine Unterscheidung zwischen metaphysischen, metabiologischen und metasoziologischen Modellen. Wenn Selbstorganisationsmodelle bereits auf Partikelsysteme anwendbar sind, muss klar sein, dass auch Anwendungen z.B. auf Einstellungsveränderungen in menschlichen Sozialsystemen (vgl. z.B. Helbing 1993) nicht mehr an Komplexität der steuernden Information unterstellen müssen, als das für Wechselwirkungen zwischen Materieteilchen der Fall ist. Wer Modelle der evolutionären Spieltheorie (und zwar im echten Sinne, also Modelle die selektive Reproduktion und blinde Variation beinhalten) auf menschliche Sozialsysteme überträgt, greift auch dabei lediglich auf die Komplexität steuernder Information zurück, wie sie in genetisch fixierten offenen Verhaltensprogrammen zum Ausdruck kommt. Wenn man in diesem Zusammenhang von einer „kulturellen“ Topologie spricht, bezieht man sich lediglich auf Eigenschaften, die auch einem abstrakten genetischen Gestaltungsraum zukommen. Spricht man von Interaktionen in einem sozialen System, so kann damit grundsätzlich nichts anderes gemeint sein, als eine Form von sozialer Interaktion zwischen Organismen als Agenten, wie sie sich auch in möglicherweise hochentwickelten, soziobiologisch gesteuerten Tiersozietäten entwickelt. Eine Theorie des Geistes (theory of mind), also das Wissen darüber, dass die Interaktionspartner wissen (vgl. Heyes 1998), ist damit ebenso wenig impliziert wie die Fähigkeit zur Rollenübernahme (vgl. Mead 1973). Auch die Fähigkeit zu Operationen auf der Ebene abstrakter Begrifflichkeit, d.h. zum Denken im menschlichen Sinne, insbesondere auch der Konstruktion abstrakter Modelle zur Antizipation zukünftiger Ereignisse und damit auch zum „Probieren“, sind aufgrund der mangelnden Komplexität steuernder Information nicht Gegenstand der Simulationskapazität metabiologischer Modelle. Auch das verwendete Agentenmodell selbst bleibt also weit hinter der Komplexität eines sinnorientiert und reflektiert handelnden sozialen Akteurs zurück.

Damit komme ich zum zentralen Punkt meiner Argumentation, nämlich der Abgrenzung zwischen metabiologischen und metasozialologischen Modellen. Zunächst soll gefragt werden, inwieweit solche Modelle in bestehenden Simulationen evolutionärer Mechanismen zumindest in Ansätzen bereits vorhanden sind, welche Entwicklungsmöglichkeiten sich auf tun und welche Konsequenzen sich daraus für eine wechselseitige Stimulierung der Entwicklung von formalen Modellen auf der einen und soziologischen Theorien auf der anderen Seite ergeben. Es folgt eine skizzenhafte Betrachtung der Bedeutung einer Top down-Logik als notwendige Ergänzung der üblicherweise im Vordergrund stehenden Bottom up-Logik in Multiagentensystemen. Zusammenfassend möchte ich dann einige methodologische und theoretische Argumente zugunsten der Behauptung bündeln, dass sich auf diesem Wege neue Chancen für eine theoretische Integration der drei großen sozialtheoretischen Paradigmen, nämlich RC-Ansatz, Systemtheorie und interpretative Soziologie, ergeben

## **6. Evolutionäre Mechanismen: Eine Modellfamilie handlungssteuernder Komplexität (Modelle „rationalen Handelns“)**

Bereits die elementaren Simulationsexperimente mit Modellen der evolutionären Spieltheorie zeigen die Kontextabhängigkeit individuell „rationaler“ Strategien und die funktionale Bedeutung (zunächst zufallsgesteuerten) explorativen Verhaltens. Im Laufe der Evolution werden die Strategien immer komplexer, um in einer Umwelt von immer komplexer werdenden Strategien mithalten zu können. Dieser Aufbau von Komplexität zur Bewältigung von Komplexität ist notwendiges Resultat eines Wetttrübens von Strategien in heterogenen Populationen. Die pfadabhängige Dynamik zeigt Muster durchbrochener Gleichgewichte, also längerer Phasen von metastabilen Strategiekonstellationen unterbrochen durch chaotische Episoden mit rapidem sozialem Wandel (vgl. Lindgren und Nordahl 1995). Dabei sind die metastabilen Phasen durch heterogene Strategienpopulationen, d.h. durch einen aufeinander abgestimmten Strategiemix, charakterisiert. Zusammen bilden diese Strategien ein System lebensfähiger Koordination, das einerseits Kooperation ermöglicht und andererseits relativ robust gegen Invasionen feindlicher Strategien ist – sogenannte Kern-Schutzschild-Konfigurationen (vgl. Lomborg 1996). Die Kontextabhängigkeit der „Rationalität“ solcher Strategien zeigt sich auch darin, dass ein Reentry, also ein Wiedereinführen dieser Strategien zu einem späterem Zeitpunkt, und damit in eine veränderte Strategienkonstellation, in der Regel nicht erfolgreich ist.

Die angeführten Modelle der evolutionären Spieltheorie enthalten die minimale Komplexität steuernder Mechanismen, die für metabiologische Modelle erforderlich ist. Im folgenden werden Modellerweiterungen in Hinblick auf zunehmende Akteurskomplexität, Lernfähigkeit, Berücksichtigung von Etiketten, Emergenz sozialer Netzwerke und Kommunikation auf der Grundlage der Emergenz geteilter Bedeutungen dargestellt. Diese Modellerweiterungen bleiben jedoch im Rahmen metabiologischer Modelle, da die Emergenz eines eigenständigen symbolischen Codes als Grundlage einer genuin kulturellen Evolution nicht Gegenstand der Modellierungen ist.

Individuelles Lernen, Soziales Lernen und Lernen zweiter Ordnung: Evolutionäre Studien, die in irgendeiner Form einen expliziten Lernmechanismus enthalten, sind außerordentlich häufig. Bei aller Vielfalt der modellierten Lernmechanismen zeigt sich generell ein bemerkenswertes Resultat. Häufig sind die elaborierteren und nach dem „klassischen“ Verständnis von „Rationalität“ damit auch rationaleren Strategien nicht auch die evolutionär erfolgreicher (vgl. Darley und Kauffman 1997). Darüber hinaus zeigen die Lerndynamiken oft die typischen Muster durchbrochener Gleichgewichte. Besonders interessant sind Interaktionseffekte von evolutionären und lerntheoretischen Anpassungseffekten – etwa in Form des klassischen Baldwin-Effekts oder von Abschirmeffekten, die exploratives Lernen auf einer „evolutionär gesicherten“ Basis ermöglichen (vgl. Ackley und Littman 1992). Voraussetzung für diese Effekte ist zumindest ein Zweiebenenmodell der Anpassung mit unterschiedlichen Anpassungsgeschwindigkeiten.

Die Imitation erfolgreicher Strategien ist bereits in Tiersozietäten Grundlage der Entwicklung sogenannter Protokulturen. Auch stellvertretende Selektoren spielen bereits hier eine wichtige Rolle. Ob der Ansatz der Memetik ( vgl. Goodenough und Dawkins 1994 und das neu gegründete Journal of Memetics <<http://www.cpm.mmu.ac.uk/jom-emit/>>) mehr ist als eine Modeerscheinung, bleibt abzuwarten. In Anlehnung an die Evolutionsphilosophie von Dawkins (1978) sind Anklänge eines memetischen Reduktionismus unübersehbar. Andererseits bietet der memetische Standpunkt, wie er von Dennett (1997) vertreten wird, eine theoretisch fruchtbare Perspektive auf soziologische Problemstellungen. Die Bedeutung sozialen Lernens und stellvertretender Selektoren in der sozialkulturellen Evolution ist unbestritten (vgl. Burns und Dietz 1995). Letztlich stellt sich aber auch hier die Frage, welche Bedeutung die angegebenen Modelle für eine genuin soziologische Theorie sozialen Lernens und generalisierter Selektionsmedien haben können.

Die Verwendung von Ergebnissen der VKI-Forschung zur Anreicherung der Komplexität der Akteursmodelle, etwa die Verwendung von Klassifiziersystemen in der Simulation der Dynamik von Finanzmärkten von Arthur et al. (1997), ist eine vielversprechende Strategie, um “kognitiv komplexe” Rationalität zu modellieren. Diese Modelle bieten noch am ehesten die Voraussetzungen, um neue Ebenen steuernder Komplexität zumindest auf der Akteursebene zu verankern. Auch hier müsste allerdings erst ein konkreter Bezug zur Ebene symbolischer Bedeutungen und kultureller Topologien hergestellt werden.

Soziale Differenzierungen und soziale Netzwerke: In enger Anlehnung an Resultate der klassischen Spieltheorie wies bereits Axelrod (1991) auf die Bedeutung von Etikettierungen für soziale Differenzierungsprozesse hin. Die dadurch ermöglichte Handlungskoordination fördert die Korrelation von Strategien und begünstigt so die Evolution von Kooperation. Allerdings sind auch Klassendifferenzierungen möglich, die pfadabhängig durch Symmetriebrüche erzeugt werden und den ansonsten bedeutungslosen Etiketten dadurch eine systemspezifisch kontingente Bedeutung zuweisen (Riolo 1997).

Enthalten die Simulationen Lernregeln für strukturierte Interaktionen ( vgl. Tesfatsion 1997), so zeigt sich, dass die durch die Partnerwahl ermöglichte Korrelation von Strategien grundsätzlich die Evolution von Kooperation begünstigt. Allerdings treten neben stabiler Kooperation auch Formen von Parasitismus, d.h. von stabilen Interaktionen zwischen einem kooperativen und einem schwach ausbeuterischen Partner, auf (vgl. Stanley et al. 1994). Soziologisch von besonderem Interesse sind die emergierenden Interaktionsmuster. Überwiegend zeigt sich ein Zerfallen in verschiedene kleine Gruppen mit unterschiedlichen Strategienkonstellationen, d.h. mit je gruppenspezifischer „Interaktionskultur“. Die daraus resultierende Heterogenität zwischen den Gruppen ist wiederum eine notwendige Voraussetzung für kulturelle Gruppenselektion (vgl. Kappelhoff 2002). Wünschenswert wären allerdings Simulationsexperimente, die die Emergenz von neuen Organisationsebenen und von zentralisierten Strukturen thematisieren (vgl. Stewart 1997).

Evolution von symbolischer Kommunikation: Es gibt inzwischen eine Reihe von Simulationsstudien, die für sich in Anspruch nehmen, die Emergenz von Bedeutung zu modellieren (vgl. z.B. Miller et al. 1998). Die Studien zeigen die Emergenz teilweise komplexer Steuerungsfunktionen von Signalen, die zu Beginn der Simulation zufällig generiert wurden, also ohne funktionale Bedeutung waren. Es soll nicht bestritten werden, dass diese Studien

soziologisch wichtige Einsichten in die Emergenz von Signalen geben, die soziale Abläufe steuern können. Im Sinne von Mead (1973) handelt es sich dabei aber lediglich um Gesten und nicht um signifikante Symbole. Das bedeutet, dass es sich um soziobiologisch interpretierbare Signalfunktionen handelt, die in Tiersozietäten in vielfältiger Weise zur Verhaltenssteuerung genutzt werden – man denke etwa an chemische Signale, „Bientänze“ oder Ausdrucksbewegungen. Eine Theorie der funktionalen Bedeutung dieser Signale kann aber unabhängig davon entwickelt werden, ob die Agenten in den untersuchten Systemen diese Bedeutungen im symbolischen Sinne verstehen, wie dies von Mead als Bedingung für Rollenübernahme herausgearbeitet wurde, oder ob sie nur funktionsgerecht darauf reagieren.

Für eine Untersuchung der Frage nach der Emergenz symbolischer Bedeutungen reicht die modellierte Komplexität allerdings nicht aus. Um die Emergenz symbolischer Bedeutungen als Voraussetzung für Rollenübernahme, begriffliches Denken, Probehandeln und Reflexionsfähigkeit zu untersuchen, müsste im Agentenmodell die Fähigkeit zur Distanzierung von den eigenen Handlungen vorgesehen werden. Erst diese Distanzierung von den eigenen Handlungen ermöglicht „innere“ Zustände und deren „Manipulation“ (vgl. Dörner 2000). Um es klar zu sagen: Es geht nicht um den sterilen Einwand, dass Maschinen grundsätzlich nicht über Bewusstsein verfügen, Empfindungen haben, oder gar denken oder „verstehen“ können. Es geht um die konkrete Modellierung eines Distanzierungsmechanismus, also einer zusätzlichen Ebene steuernder Komplexität, die den Übergang zu einer autonomen Symbolebene und damit zu genuin metasozziologischen Modellen ermöglicht.

Versucht man an dieser Stelle eine kurze Zwischenbilanz, so fällt die Stellungnahme zwiespältig aus. Einerseits verfügen die Simulationsstudien über eine beachtliche Vielfalt komplexer Steuerungsmechanismen, die eindrucksvoll zeigen, dass eine Vielzahl auch soziologisch relevanter Resultate bereits auf dieser Ebene steuernder Komplexität simulativ „gezüchtet“ werden kann. Im diesem Sinne belegen die exemplarisch angeführten Simulationsexperimente, welche zusätzlichen Formen steuernder Komplexität über das Niveau metaphysischer Selbstorganisationsmodelle hinaus notwendig sind, um die Emergenz soziobiologischer Komplexität zu ermöglichen. Andererseits dokumentieren die Studien aber auch, dass eine weitere Zunahme der steuernden Komplexität erforderlich ist, um überhaupt die Ebene genuin sozialkultureller Komplexität erreichen zu können. In diesem Sinne ist eine theoriegeleitete schrittweise Weiterentwicklung der hier betrachteten Modelle notwendig. Dazu ist, wie bereits mehrfach betont, die Integration von Theorieelementen aus allen drei großen sozialtheoretischen

Paradigmen notwendig. Dass durch die Integration in einen einheitlichen Modellrahmen nicht nur eine rein additive Verknüpfung erreicht, sondern auch Synergieeffekte gefördert werden sollen, um so eine Entwicklung hin zu einer einheitlichen evolutionären Sozialtheorie in Gang zu bringen, wurde ebenfalls bereits als Hoffnung formuliert. Erste Schritte in diese Richtung sollen im folgenden angedeutet werden.

## **7. Sozialtheoretische Entwicklungslinien**

Genuin metasozilogische Modelle müssen auf der Grundlage eines eigenen symbolischen Codes operieren, der als Voraussetzung für begriffliches Denken und eine eigenständige sozialkulturelle Evolution dienen kann. Wie in der natürlichen Evolution des Geistes ist auch bei der Entwicklung von metasozilogischen Modellen eine Strategie zu empfehlen, die Module mit geistanalogen Leistungen auf der Basis der Vernetzung einfacherer Komponenten zu entwickeln sucht. In diesem Sinne ist die schrittweise Entwicklung geistanaloger Mechanismen erfolgversprechender als der voreilige, beim gegenwärtigen Stand der Modellentwicklung sicherlich zum Scheitern verurteilte Versuch, in einem Schritt ein voll entwickeltes Modell genuin kultureller Evolution zu entwerfen. Immer noch erstaunlich aktuell ist in diesem Zusammenhang die Theorie symbolischer Interaktion auf naturalistisch-emergentistischer Grundlage, wie sie vor nunmehr fast einem Jahrhundert von dem Sozialbehavioristen Mead (1973) entwickelt wurde. Auch die aktuellen Überlegungen von Juarrero (1999), die aus Sicht der interpretativen Soziologie versucht, eine Verbindung zwischen einem konstruktivistisch eingefärbten Verständnis von Selbstorganisation und Grundproblemen sozialen Handelns herzustellen, sind hier von Interesse. Die folgenden Überlegungen sollen einige Aspekte einer solchen Modellbaustrategie ansprechen, wie sie vor dem Hintergrund vorliegender akteurs-, sozial- und kulturtheoretischer Theoriefragmente vorstellbar sind.

Metasozilogische Modelle enthalten nach dem hier entwickelten Verständnis eine kulturelle Topologie, eine sozialstrukturelle Komponente und ein Akteursmodell. Sie stellen damit eine Form der Operationalisierung von Kultur-Sozialstruktur-Koevolution dar. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die Bedeutung von sozialen Akteuren/Handlungen, die als unverzichtbare Mikrokomponente die dynamisierende Kraft des Modells darstellen, ohne eine Mikrofundierung zu implizieren. In Abwandlung einer vielzitierten Aussage von Luhmann könnte man versucht sein, Multiagentensysteme wie folgt zu charakterisieren: Viele „black boxes bekommen es, auf Grund welcher Zufälle auch immer, miteinander zu tun“ (Luhmann 1984, S. 156). Luhmann verwendet diese Beschreibung einer protosozialen Situation, um die Entstehung

einer emergenten Ordnung aus der Situation doppelter Kontingenz zu erklären. Auf den ersten Blick scheint das Argument also einer Bottom up-Logik zu folgen, wie sie im Kontext des methodologischen Individualismus gebräuchlich ist. Autonome Agenten handeln in einer Situation wechselseitiger Abhängigkeit und erzeugen so eine soziale Ordnung. Allerdings bekommen es die black boxes sowohl in der Luhmannschen sozialen Ursituation als auch bei dem Start der Simulation eines Multiagentensystems auf Grund sehr spezifischer „Zufälle“ miteinander zu tun. Kurz gesagt muss sicher gestellt sein, dass die „zufällig“ aufeinander treffenden black boxes überhaupt so auf die Situation und insbesondere aufeinander abgestimmt sind, dass sie zu wechselseitig sinnvollen sozialen Interaktionen fähig sind, die als Grundlage der Emergenz einer sozialen Ordnung dienen können. Luhmann übernimmt in diesem Zusammenhang von Maturana und Varela den soziologisch allerdings nicht besonders aussagekräftigen Begriff der strukturellen Kopplung bzw. Resonanzfähigkeit. Mit Hilfe von Überlegungen aus dem symbolischen Interaktionismus und der Ethnomethodologie könnten diese Voraussetzungen sicherlich genauer spezifiziert werden. Der entscheidende Punkt ist aber auf jeden Fall, dass die soziale Ursituation bereits das Ergebnis eines langen koevolutionären Prozesses darstellen muss, um überhaupt die „Kompatibilität“ der beteiligten black boxes sicherzustellen und auf dieser Grundlage die Emergenz einer sozialen Ordnung in Gang setzen zu können.

Natürlich betont auch Luhmann diesen Top down-Aspekt als Voraussetzung für die Emergenz einer sozialen Ordnung. In seiner Theoriearchitektur ist dies die Frage nach der Differenz, unter der das auf doppelte Kontingenz aufgebaute System zunächst anläuft (vgl. S. 160). Dabei verwirft Luhmann die im Kontext des rationalistischen Individualismus naheliegende Möglichkeit, vom Eigennutzen der Handelnden und ihren subjektiven Zielen auszugehen. Statt dessen, so Luhmann, erfordert die Funktionslogik der doppelten Kontingenz, dass sich das System zunächst an der Frage orientiert, „ob der Partner die Kommunikation annehmen oder ablehnen wird, oder auf die Handlung reduziert: ob eine Handlung ihm nutzen oder schaden wird. Die Position des Eigennutzens ergibt sich erst sekundär aus der Art, wie der Partner auf den Sinnvorschlag reagiert“ (S.160). Das System muss also erst einmal in Gang kommen, um auf dieser Grundlage die Verfolgung des eigenen Interesses möglich zu machen. Zunächst muss neuer Sinn auf der Grundlage bereits verfügbaren sozialen Sinns entstehen, bevor auf diesem gesicherten Hintergrund gemeinsamen Sinns auch die Evolution genuin eigeninteressierter Strategien möglich wird.

Sinn ist daher nur als sozialer Sinn denkbar und hat als solcher immer eine Systemreferenz. Das schließt natürlich nicht aus, dass das Subjekt als Interaktor nicht nur passiver „Träger“ sondern

auch kreativer Interpret des sozialen Sinnes ist, der auf der sozialen Ebene die Situation konstituiert, d.h. gleichzeitig beschränkt und ermöglicht, und in einem evolutionären Prozess ständig neu erzeugt und verändert (vgl. Giddens 1984). In dieser Hinsicht ist eine Mikrokomponente notwendiger Bestandteil jedes evolutionstheoretischen Modells der doppelten Kontingenz. Solche genuin subjektiven Sinndeutungen sind aber zunächst einmal lediglich kreative Variationen sozialen Sinns, über deren Anschlussfähigkeit und letztlich auch soziale Eignung wiederum ein systemischer Selektionstest entscheidet. Anders ausgedrückt, die handlungstheoretische Mikrokomponente sollte nicht im Sinne einer Fundierungslogik missverstanden werden. Gerade durch das Beharren auf diesem fundierungslogischen Dogma verstellt sich der RC-Ansatz meiner Meinung nach alle Möglichkeiten, zu einem soziologisch tragfähigen Verständnis von „Individualismus“ – etwa im Sinne des institutionalisierten Individualismus von Parsons (1972) – zu gelangen.

Ziel muss daher die Entwicklung integrierter Modelle evolutionärer Mechanismen sein. Der damit verbundene „Zwang zur Spezifikation“ der Komponenten in Hinblick auf kulturelle Topologie, soziales System und Agentenmodell erzeugt mehr als einen nur additiven Verbund ansonsten getrennter Theorietraditionen. Aus den theoretisch zu spezifizierenden und modelltechnisch zu implementierenden Wechselbeziehungen entsteht im Modell vielmehr eine evolutionäre Dynamik eigener Art, die es erlaubt, Aussagen über das Zusammenspiel von Theorieelementen aus verschiedenen Traditionen als einheitliches Ganzes in Simulationsexperimenten zu testen. Die Anschlussfähigkeit dieser protosozialen Überlegungen an alle drei großen sozialtheoretischen Paradigmata, RC-Ansatz, Systemtheorie und interpretative Soziologie, liegt für mich auf der Hand, ebenso wie die Einsicht in deren wechselseitiges Aufeinander-Angewiesen-Sein. Damit eröffnet sich meiner Ansicht nach die Chance, zu einem grundlegenden theoretischen Diskurs zwischen den Paradigmen zu kommen. Es sollte möglich sein, auf der Grundlage des hier entwickelten Konzepts eines metasozialen Modells Schritt für Schritt sozialtheoretisch fundierte Basismodelle protosozialer Situationen zu entwickeln. Auf diese Weise kann die theoretische Aussagekraft von Simulationsstudien deutlich erhöht und so die im Entstehen begriffene evolutionäre Sozialtheorie (vgl. Giesen 1991; Schmid 1998) modelltheoretisch untermauert werden.

Das hier entwickelte Konzept eines evolutionären Mechanismus ermöglicht aber nicht nur eine neue Form des Theoretisierens auf der Grundlage eines qualitativen Modelldenkens. In methodologischer Hinsicht impliziert der hier vertretene methodologische Evolutionismus auch

die Einbettung von DN- und genetischen Erklärungen in ein übergreifendes systemisch-evolutionäres Wirkungsgeflecht. Das Konzept des metasozialologischen Modells systematisiert und formalisiert rekursive Kausalsysteme und macht sie dadurch methodisch und theoretisch besser handhabbar. Bunge (1997) spricht in diesem Zusammenhang von einer mechanistischen Erklärung, die Emergenz und Konstitution als komplementäre Aspekte eines einheitlichen Prozesses miteinander verbindet und dadurch gegen fundamentalistische Vereinfachungen gefeit ist. Mechanistische Erklärungen gestatten die Erfassung der systematischen Komponenten letztlich kontingenter historischer Entwicklungen – und zwar in genetischer, funktionaler und verstehender Hinsicht.

Ackley, D. und M. Littman (1992): Interactions between Learning and Evolution. S. 487-507 in: C.G. Langton, C. Taylor, J.D. Farmer und S. Rasmussen (Hrsg.): Artificial Life II. Reading Mass.: Addison-Wesley.

Archer, M.S. (1988): Culture and Agency. Cambridge: Cambridge University Press.

Arthur, W.B., J.H. Holland, B. LeBaron, R. Palmer und P. Tayler (1997): Asset Pricing Under Endogeneous Expectations in an Artificial Stock Market. S. 15-44 in: W.B. Arthur, S. Durlauf und D.A. Lane (Hrsg.): The Economy as an Evolving Complex System II. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Axelrod, R. (1991): Die Evolution der Kooperation. München: Oldenbourg.

Axelrod, R. (1997): The Complexity of Cooperation. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Borges, J.L. (1981): Die Bibliothek von Babel. S. 145-154 in: ders.: Erzählungen 1935-1944. München: Hanser.

Bunge, M. (1997): Mechanism and Explanation. Philosophy of the Social Sciences 27: 410-467.

Burns, T. und T. Dietz (1995): Kulturelle Evolution: Institutionen, Selektion und menschliches Handeln. S. 340-383 in: H.-P. Müller und M. Schmid (Hrsg.): Sozialer Wandel. Frankfurt: Suhrkamp.

Coleman, J.S. (1990): Foundations of Social Theory. Cambridge, Mass.: Belknap.

Darley, V.M. und S. Kauffman (1997): Natural Rationality. S. 45-80 in: W.B. Arthur, S. Durlauf und D.A. Lane (Hrsg.): The Economy as an Evolving Complex System II. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Dawkins, R. (1978): Das egoistische Gen. Berlin: Springer.

Dennett, D.C. (1997): Darwins gefährliches Erbe. Hamburg: Hoffmann und Campe.

Dörner, D. (2000): Bewusstsein und Gehirn. S. 147-165 in: N. Elsner und G. Lüer (Hrsg.): Das Gehirn und sein Geist. Göttingen: Wallstein.

Elias, N. (1970): Was ist Soziologie? München: Juventa.

Emirbayer, M. (1997): Manifesto for a Relational Sociology. American Journal of Sociology 103: 281-317.

Epstein, J.M und R. Axtell: Growing Artificial Societies. Social Science from the Bottom Up. Cambridge, Mass.: Brooking Institution Press.

Ghiselin, M.T. (1997): Metaphysics and the Origin of Species. Albany: SUNY Press.

Giddens, A. (1984): The Constitution of Society. London: Polity Press.

- Giesen, B. (1991): Die Entdinglichung des Sozialen. Eine evolutionstheoretische Perspektive auf die Postmoderne. Frankfurt: Suhrkamp.
- Goodenough, O.R. und R. Dawkins (1994): The „St. Jude“ Mind Virus. *Nature* 371: 23-24.
- Hahn, F.H. (1991): The Next Hundred Years. *Economic Journal* 101: 47-50.
- Haken, H.(1996): Synergetik und Sozialwissenschaften. *Ethik und Sozialwissenschaften* 7: 587-675.
- Hales, D. (1998): An Open Mind is not an Empty Mind: Experiments in the Meta-Noosphere. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 1(4): <<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/4/2.html>>.
- Helbing, D. (1993): Stochastische Methoden, nichtlineare Dynamik und quantitative Modelle sozialer Prozesse. Aachen: Shaker.
- Heyes, C.M. (1998): Theory of Mind in Nonhuman Primates. *Behavioral and Brain Sciences* 21: 101-148.
- Holland, J.H. und J. Miller (1991): Artificial Adaptive Agents in Economic Theory. *American Economic Review (P&P)* 81: 365-370.
- Hutchins, E. (1995): *Cognition in the Wild*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Juarrero, A. (1999): *Dynamics in Action. Intentional Behavior as a Complex System*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Kappelhoff, P. (2000): Komplexitätstheorie und Steuerung von Netzwerken. S. 347-389 in: J. Sydow und A. Windeler (Hrsg.): *Steuerung von Netzwerken*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Kappelhoff, P. (2002): Handlungssysteme als komplexe adaptive Systeme. Überlegungen zu einer evolutionären Sozialtheorie. S. 125-152 in: L. Bauer und K. Hamberger (Hrsg.): *Gesellschaft denken*. Wien: Springer.
- Kelly, K. (1994): *Out of Control*. New York: Addison-Wesley.
- Lindgren, K. und M.G. Nordahl (1995): Cooperation and Community Structure in Artificial Ecosystems. S. 15-37 in: C.G. Langton (Hrsg.): *Artificial Life. An Overview*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Lomborg, B. (1996): Nucleus and Shield: The Evolution of Social Structure in the Iterated Prisoner's Dilemma. *American Sociological Review* 61: 278-307.
- Luhmann, N. (1984): *Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Malsch, T. (1997): Die Provokation der „Artificial Societies“. *Zeitschrift für Soziologie* 26: 3-21.
- Maturana, H.R. und F.J. Varela (1987): *Der Baum der Erkenntnis*. Bern: Scherz.

- Mead, G.H. (1973): Geist, Identität und Gesellschaft. Frankfurt: Suhrkamp.
- Miller, J.H., C. Butts und D. Rode (1998): Communication and Cooperation. Santa Fe Institute: Working Paper Nr. 37. <<http://www.santfe.edu/sfi/publications/98wplist.html>>.
- Müller-Benedict, V. (2000): Selbstorganisation in sozialen Systemen. Opladen: Leske + Budrich.
- Parsons, T. (1972): Das System moderner Gesellschaften. München: Juventa.
- Popper, K.R. (1984): Objektive Erkenntnis. Ein evolutionärer Entwurf. Hamburg: Hoffmann und Campe.
- Popper, K.R. (1990): A World of Propensities. Bristol: Thoemmes.
- Prigogine, I. (1979): Vom Sein zum Werden. Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften. München: Piper.
- Ray, T. (1992): An Approach to the Synthesis of Life. S. 371-404 in: C.G. Langton, C. Taylor, J.D. Farmer, S. Rasmussen (Hrsg.): Artificial Life II. Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Riolo, R.L. (1997): The Effects of Tag-Mediated Selection of Partners in Evolving Populations Playing the Iterated Prisoner's Dilemma. Santa Fe Institute: Working Paper Nr. 16. <<http://www.santafe.edu/sfi/publications/97wplist.html>>.
- Schmid, M. (1998): Soziales Handeln und strukturelle Selektion. Beiträge zur Theorie sozialer Systeme. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Simmel, G. (1968): Soziologie. Berlin: Duncker&Humblot.
- Stanley, E.A., D. Ashlock und L. Tesfatsion (1994): Iterated Prisoner's Dilemma with Choice and Refusal of Partners. S.131-175 in: C.G. Langton (Hrsg.): Artificial Life III, Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Stewart, J. (1997): Evolutionary Transitions and Artificial Life. Artificial Life 3: 101-120.
- Tesfatsion, L. (1997): How Economists Can Get Alife. S. 533-564 in: W.B. Arthur, S. Durlauf und D.A. Lane (Hrsg.): The Economy as an Evolving Complex System II. Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- White, H.C. (1992): Identity and Control. Princeton: Princeton University Press.