

Jürgen Jost/Eckehard Olbrich

## **Luhmanns Gesellschaftstheorie: Anregung und Herausforderung für eine allgemeine Theorie komplexer Systeme<sup>1</sup>**

*Zusammenfassung:* Ein einflussreiches Paradigma in der Untersuchung komplexer Systeme versucht biologische und soziale Systeme als »quasi-physikalische« Systeme zu verstehen, d.h. Systeme, in denen die Elemente nach Regeln interagieren, die wie physikalische Gesetze behandelt werden können, und die durch Prozesse der Selbstorganisation zur Emergenz von Strukturen auf höheren Ebenen führen. Dabei bleibt aber unklar, worin das spezifisch Biologische oder Soziale dieser Systeme besteht. Für soziale Systeme bietet Luhmanns Theorie eine Alternative, welche von Kommunikationen als grundlegenden Elementen ausgeht, die durch ihr selbstreferentielles Operieren soziale Systeme konstituieren. Mit dem Ziel einer mathematischen Formalisierung dieser Konzepte quantifizieren wir in diesem Beitrag den Luhmannschen Komplexitätsbegriff und formalisieren Kommunikation als Operation auf Erwartungen, die durch parametrisierte Wahrscheinlichkeitsverteilungen repräsentiert werden. Wenn sich dann diese Erwartungen wieder auf derartige Parameter statt direkt auf Fremdreferenzen beziehen, ermöglicht dies eine Komplexitätsreduktion durch eine Ausmittelung und Erfassung von Regularitäten über eine längere Zeitskala. Wenn gemeinsame Bedeutungen etabliert sind, kann dies wiederum zur Bildung eines kommunikativen Systems durch selbstreferentiellen Anschluss führen.

Wenn man das Verhältnis von Luhmanns Theorie sozialer Systeme zu den Entwicklungen in dem Forschungsfeld, auf das sich Luhmann unter der Bezeichnung »allgemeine Systemtheorie« bezieht, untersucht, so wird deutlich, dass Luhmann eine sehr spezifische und selektive Perspektive einnimmt. So entsteht in der Einführung der »Sozialen Systeme« der Eindruck, dass die Ideen zu einer Theorie selbstreferentieller Systeme, wie sie von Autoren wie von Förster, Maturana und Varela als eine Kybernetik zweiter Ordnung entwickelt worden waren, die fortgeschrittensten Entwicklungen in diesem Forschungsfeld darstellen, an die anzuschließen die soziologische Theoriebildung viel gewinnen könne (Luhmann 1984, 15). Wenigstens aus der heutigen Sicht kann man aber festzustellen, dass die genannten Forschungen eher eine Randerscheinung im

1 Wir danken Nils Bertschinger für Diskussionen, die für die Entstehung dieser Arbeit wesentlich waren. Die hier angedeuteten Formalisierungen wollen wir in einer gemeinsamen Arbeit mit ihm weiterentwickeln. In dieser Hinsicht danken wir auch der Volkswagenstiftung für Unterstützung. Ebenfalls danken wir Dirk Baecker für hilfreiche Kommentare zu unserem Manuskript.

naturwissenschaftlichen Feld geblieben sind. Vielmehr man kann einen großen Teil der Forschungen auf dem Feld, das Luhmann als »allgemeine Systemtheorie« bezeichnet und das aktuell eher als »complex systems science« firmiert, nach wie vor dem Selbstorganisationsparadigma zuordnen, das Luhmann durch die Theorie selbstreferentieller Systeme überwunden glaubte. Andererseits, gerade weil eine solche, mathematisch formulierte, Theorie selbstreferentieller Systeme in den Naturwissenschaften bisher noch nicht existiert, ist Luhmanns Beitrag zur Entwicklung einer solchen Theorie nach wie vor aktuell – sowohl als inhaltliche Anregung als auch als Herausforderung einer mathematischen Formulierung seiner Ideen.

## I. Das Selbstorganisationsparadigma

Mit dem Stichwort »Selbstorganisation« wird die Entstehung von makroskopisch geordneten Zuständen, die Bildung von Strukturen, durch eine systeminterne mikroskopische Dynamik bezeichnet – im Gegensatz der Strukturierung eines Systems durch externe Einflüsse. Hierzu gehören Phänomene wie die Musterbildung in chemischen Reaktionen, die fraktalen Attraktoren deterministischer dynamischer Systeme der »Chaostheorie« oder kohärentes Verhalten von Lasern, dem paradigmatischen System der Synergetik Hermann Hakens. Übergreifend kann man die verwendeten mathematischen Modelle als dynamische Systeme charakterisieren: Ein Systemzustand verändert sich in der Zeit entsprechend einer vorgegebenen Regel, der Systemdynamik, die deterministisch oder auch stochastisch sein kann. Je nachdem, inwieweit die Zustände, die Zeit und der Raum mit diskreten oder kontinuierlichen Variablen beschrieben werden, reichen die Modelle von zellularen Automaten, über gekoppelte Abbildungsgitter oder gekoppelte nichtlineare gewöhnliche Differentialgleichungen bis zu partiellen Differentialgleichungen.

Die Struktur der Modelle lässt sich vereinfacht folgendermaßen beschreiben: Einfache Elemente (Zellen, Oszillatoren, Reaktionen) mit einfachen Wechselwirkungen erzeugen auf der Systemebene Strukturen, die sich nicht als Summe (Superposition) der Eigenschaften der Einzelelemente verstehen lassen. Diese Art von »Emergenz« beruht auf der Nichtlinearität, entweder der lokalen Dynamik oder der Wechselwirkungen, und macht diese Systeme zu »komplexen« Systemen.

Die dabei zunächst untersuchten und mathematisch modellierten Phänomene waren physikalischer oder chemischer Natur, wobei allerdings von Anfang an auch die Hoffnung bestand, biologische und soziale Systeme innerhalb dieses Paradigmas verstehen zu können. Inzwischen gibt es auch eine Vielzahl von erfolgreichen Anwendungen auf biologische (Kalziumwellen, rezeptive Felder von Neuronen) und soziale Systeme (Verkehrsdynamik, Staus, Panik, Segregationsmodelle). Diese Beispiele sollten aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass

dabei entweder direkt physikalisch-chemische Phänomene in biologischen Systemen untersucht oder biologische und vor allem soziale Systeme als »quasi-physikalische« Systeme modelliert werden.<sup>2</sup> Damit ist nicht zwangsläufig die Durchführung eines reduktionistischen Programms gemeint, sondern lediglich, dass es möglich ist, Einheiten zu identifizieren, die sich nach physikalischen Gesetzen verhalten. So kann die Dynamik von Fußgängerströmen beschrieben werden, indem man die Fußgänger als Teilchen ansieht, zwischen denen bestimmte anziehende und abstoßende »effektive« Kräfte wirken.

Allen diesen Ansätzen ist gemein, dass die genuin biologische beziehungsweise soziale Spezifik der entsprechenden Systeme gerade nicht erfasst wird, weshalb man auch nicht erwarten kann, auf diesem Weg zu einer umfassenden Beschreibung dieser Systeme zu gelangen.

Der methodologische Individualismus, wie er aus der Ökonomie über die »Rational Choice« Theorie in die Sozialwissenschaften gelangt ist, entspricht ebenfalls weitgehend dem Selbstorganisationsparadigma, da soziale Phänomene hier als unbeabsichtigte Konsequenzen aus den unkoordinierten, im Eigeninteresse ausgeführten Entscheidungen vieler Individuen hervorgehen (Metapher der unsichtbaren Hand). Ähnliches gilt für den spieltheoretische Ansatz, stammt er ja auch aus der Ökonomie. Alle Spieler verfolgen ihre individuellen Interessen entsprechend ihrer jeweiligen Auszahlungsfunktion (pay-off). Diese wird vom Modellierer vorgegeben und stellt einen externen Parameter des Modells dar. Eine Rückwirkung vom Spiel auf die Funktion ist nicht vorgesehen. Beispielsweise wird es aber in diesem Rahmen schwierig, die Entstehung von Kooperation zu erklären.

Wir glauben, dass sich in der Theorie Niklas Luhmanns Anhaltspunkte dafür finden lassen, die Begrenzungen des Selbstorganisationsparadigmas zu überwinden. Wir wollen im folgenden drei derartige Punkte ausführlicher diskutieren:

1. Luhmann startet mit der Annahme, »dass es Systeme gibt« – und zwar nicht nur als Ergebnis der Konstruktion durch einen externen Beobachter, sondern als empirische Tatsache der Selbstbeobachtung: das System verwendet die System/Umwelt Unterscheidung, um seine Identität, oder wie andere vielleicht eher formulieren würden, die Differenz zur Umwelt aufrecht zu erhalten. Damit setzt er sich von dem rein analytischen Systembegriff ab, wie er üblicherweise

2 Bei Multi-Agenten-Simulationen liegt die Situation zunächst anders, da die untersuchten biologischen oder sozialen Phänomene ohne Bezug auf ihre physikochemische Grundlage »direkt« modelliert werden. Abstrakt handelt es sich aber auch um dynamische Systeme, nur dass die Zustände hier umstandsloser mit einer funktionalistischen und/oder mentalistischen Semantik versehen werden können. Damit bleibt deren Verwendung aber ebenfalls weitgehend unkontrolliert. Obwohl es plausibler erscheint, die Wechselwirkung zwischen Agenten als Kommunikation zu bezeichnen als diejenige zwischen zwei Oszillatoren, ist damit noch kein Fortschritt erreicht, solange nicht auch die Eigenschaften des Agenten als dynamisches System angegeben werden können, die ihn zu Kommunikation befähigen, und herausgearbeitet wird, was diese Kommunikation von der einfachen Interaktion unterscheidet. Insbesondere bleibt unklar, inwieweit mit solchen Ansätzen die Prozessierung von Sinn erreicht oder wenigstens modelliert werden kann.

in Physik und Chemie verwendet wird. Hierbei bezieht er sich auf die Arbeiten von Maturana und Varela, denen er den Autopoiesisbegriff entnahm und für seine Zwecke modifizierte. Sowohl die Arbeiten von Maturana und Varela als auch andere Ansätze der »second order cybernetics« stellten die selbstreferentielle Konstitution biologischer und kognitiver Systeme in den Vordergrund, wobei allerdings der Schwerpunkt auf den philosophischen Konzepten (radikaler Konstruktivismus) lag und die mathematische Formulierung der Theorie fragmentarisch blieb. Insbesondere fehlt bis heute eine überzeugende Konzeptionalisierung selbstreferentieller Schließung, die in den Naturwissenschaften anschlussfähig ist. Konkret muss die Frage beantwortet werden, ob und wenn ja, wie selbstreferentielle Schließung in einem dynamischen System modelliert werden kann.

2. Luhmann fasst die Elemente der Systeme als mit im Prinzip unendlicher Eigenkomplexität ausgestattet auf. Damit trägt Luhmanns Theorie dem Umstand Rechnung, dass man es in biologischen und sozialen Systemen grundsätzlich mit komplexen Elementen zu tun hat, seien es Makromoleküle, Zellen oder menschliche Individuen. Wie viel von deren Komplexität letztendlich im System zum Tragen kommt, hängt nicht von den Elementen, sondern vom System ab. Luhmann unterscheidet in diesem Zusammenhang aus der Sicht des Systems »verfügbare« von nicht verfügbarer Komplexität der Elemente.

3. Mit der Bestimmung von Kommunikation als Element sozialer Systeme und ihrer Definition als Einheit von Information, Mitteilung und Selektion schlägt Luhmann eine spezifische Operationsweise von sozialen Systemen vor die sich von der einfachen Wechselwirkung physikalischer und quasi-physikalischer Objekte deutlich unterscheidet.

Für unser Projekt einer mathematischen Formalisierung der Systemtheorie, das wir im folgenden vorstellen wollen, stellt jeder dieser drei Punkte eine spezifische Herausforderung dar, da wir den Ausgangspunkt, die Beschreibung der Systeme als dynamische Systeme, mit dem »Selbstorganisationsparadigma« teilen.

## II. Kommunikation

Kommunikation ist ein Schlüsselbegriff in der Luhmannschen Theorie. Einerseits entsteht sie als Interaktion zwischen zwei sinnprozessierenden Systemen, deren (notwendigerweise) voneinander verschiedenen Auffassungsperspektiven Alter und Ego genannt werden, die das Problem der doppelten Kontingenz lösen. In diesem Sinne fasst Luhmann Kommunikation als Einheit von Mitteilung, Information und Verstehen. Andererseits ist Kommunikation für Luhmann die grundlegende und spezifische Operation eines sozialen Systems, wobei die kommunizierenden Individuen dann der Umwelt des sozialen Systems zugerechnet werden. Dadurch, dass Kommunikation selbstreferentiell

und anschlussfähig ist, wird die Fortsetzung des sozialen Prozesses ermöglicht. Teilsysteme der Gesellschaft wie das Wirtschaftssystem differenzieren sich dadurch aus, dass sie ihr eigenes symbolisch generalisiertes Kommunikationsmedium schaffen und mit und in ihm operieren. Im Falle des Wirtschaftssystems hat Luhmann dann die Zahlung als Kommunikationsoperation angesetzt. Wie wir im Abschnitt zur Komplexität genauer ausführen werden, reduziert eine solche Kanalisierung auf eine sehr spezifische Operation die Komplexität, und die in der doppelten Kontingenz liegende Wechselseitigkeit tritt in den Hintergrund.

Wir wollen nun eine mathematische Struktur herausarbeiten, die Kommunikationen als Veränderungen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen formalisiert. Eine Kommunikation verändert nämlich, insofern sie informativ ist, Erwartungen – oder im Luhmannschen Sinne genauer Erwartungserwartungen, aber wir müssen erst einmal einfach anfangen und die begriffliche Struktur systematisch entwickeln. – Eine Erwartung lässt sich formalisieren als eine Wahrscheinlichkeitsverteilung  $p(x)$  über Ereignisse oder Zustände  $x$ . Die jeweils möglichen oder verfügbaren Wahrscheinlichkeitsverteilungen können durch einen Parameter  $\theta$  charakterisiert werden; wir schreiben daher  $p(x)|\theta$ , was bedeutet, dass wir die Verteilung von  $x$  unter der Annahme betrachten, dass der Parameter  $\theta$  gewählt ist. Eine Änderung einer Erwartung entspricht also einer Variation dieses Parameters  $\theta$ . Worauf sich die Erwartung bezieht, steckt dagegen in der Variablen  $x$ , die also insbesondere auch einen Fremdbezug erfassen kann, z.B. das Vorkommen eines bestimmten Ereignisses, und  $p(x)|\theta$  ist dann die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von  $x$  nach der durch  $\theta$  charakterisierten Erwartung. Die Information kann dann das tatsächliche Vorkommen oder Nichtvorkommen möglicher Ereignisse betreffen, und das Verstehen kann sich dann in einer dadurch ausgelösten Anpassung des Parameters  $\theta$  ausdrücken, beispielsweise nach den Regeln der Bayesschen Statistik. Allerdings könnte sich die Information auch direkt auf den Parameter  $\theta$  beziehen.

Wenn wir aber die Alter-Ego-Situation betrachten, ist es besser, die Differenz durchzuhalten und die Information sich auf  $x$  beziehen zu lassen, da das Verstehen einer Kommunikation durch Ego nicht unbedingt mit der durch die Mitteilung von Alter beabsichtigten Veränderung identisch sein muss, und insbesondere Alter typischerweise nicht über den Parameter  $\theta$  von Ego verfügen wird. Der Mitteilungsaspekt der Kommunikation besteht dann in einer dreifachen Differenz. Die erste Differenz liegt in der Information, die immer einen Unterschied bezeichnet. Das Verstehen der Information besteht dann in einer durch diese Differenz bei Ego bewirkten Differenz. Der in der Mitteilung liegende intentionale Aspekt der Kommunikation bedeutet dann, dass dieser durch den in der Information enthaltenen Unterschied (über  $x$ ) bewirkte Unterschied bei Ego (hinsichtlich  $\theta$ ) auch einen (beabsichtigten) Unterschied bei Alter ausmachen würde. Alter verbindet also mit der Kommunikation eine Absicht und erwartet gleichzeitig, dass Ego die Kommunikation versteht und in einer bestimmten

Weise darauf reagiert. Diese Erwartungen sind allerdings nicht kognitive Erwartungen wie die durch  $p(x)$  beschriebenen, sondern normative Erwartungen, welche sich allenfalls auf einer wesentlich längeren Zeitskalen als derjenigen der einzelnen Kommunikation verändern. Insbesondere enthalten diese Erwartungen auch eine gemeinsame Semantik, welche als ein Code formalisiert ist,<sup>3</sup> und die Stabilität dieser Erwartungen ermöglicht daher erst die Fortsetzung des kommunikativen Prozesses. An dieser Stelle wollen wir aber darauf verzichten, dies zu formalisieren. Dies ist auch noch nicht alles. Für eine Kommunikation im Luhmannschen Sinne muss Ego auch in der Lage sein, die Mitteilung von der Information zu unterscheiden, und Alter muss dies wissen und diese Differenz selbst wieder kommunikativ verwenden können (Luhmann 1984, 198).<sup>4</sup> Diese Reflexivität setzt wiederum eine zumindest partiell gemeinsame Semantik voraus. Auch hier verzichten wir im Moment auf eine Formalisierung und weisen nur daraufhin, dass eine solche Formalisierung jedenfalls die unterschiedlichen Perspektiven von Alter und Ego reflektieren muss.

Jedenfalls wird durch das Vorstehende einsichtig, warum wir Ego die Auffassungsperspektive des Empfängers und Alter diejenige des Senders zuordnen und nicht umgekehrt. Wenn nun Ego in die Rolle von Alter schlüpft und eine Anschlusskommunikation für einen neuen Adressaten produziert, so kann sein  $\theta$  nun ein Teil des  $x$  dieses neuen Rezipienten werden. In diesem Sinne hat der neue Ego dann eine Erwartung über Erwartungen, nämlich des ursprünglichen Ego, der nun zum Alter geworden ist.

Soweit ist die Kommunikation also noch bei Akteuren, Alter und Ego, verortet. Dies geschieht allerdings nur über den Parameter  $\theta$ , den wir Ego zugerechnet haben. Dies lässt sich aber leicht aufgeben, denn es besteht in diesem Formalismus keine Notwendigkeit,  $\theta$  derart zu verorten.

(Analogie zur Beziehung zwischen klassischer und evolutionärer Spieltheorie: In der klassischen Spieltheorie sind der Ausgangspunkt die Spieler, die ein (Nashsches) Gleichgewicht erreichen wollen und dafür geeignete Strategien entwickeln. In der evolutionären Spieltheorie (siehe z.B. Weibull 1995) ist dagegen das (evolutionär stabile) Gleichgewicht der Ausgangspunkt, welches Strategien selektiert. Die Identität der Spieler, die diese Strategien verkörpern, ist dann nachrangig.)

Allerdings findet eine solche Verortung noch in dem von Luhmann als Ausgangspunkt sozialer Strukturen identifizierten Problem der doppelten Kontin-

3 Wie ein solcher gemeinsamer Code entstehen kann, wird z.B. in der Theorie der Signalspiele (signalling games) in der theoretischen Biologie untersucht und wird auch als wesentliches, aber inzwischen angeblich gelöstes Problem für die Kommunikation zwischen artifiziellen autonomen Agenten angesehen.

4 In der Terminologie der Semiotik (Eco 1977; 2002, Keller 1995) bedeutet dies, dass die durch das Zeichen bezeichnete Einheit von Signifikat und Signifikant als Einheit einer Differenz verstanden und verwendet wird. Oder noch anders ausgedrückt: Im Kommunikationsprozess selbst muss die Unterscheidung zwischen dem Zeichen als Element des Designationsprozesses und dem Zeichen als Element des Kommunikationsprozesses vorhanden sein.

genz statt, bei dem jeder der Akteure Alter und Ego in der Lage sein muss, sich in den anderen hineinzusetzen, um seine Aktionen derart wählen zu können, dass das Verhalten des anderen für ihn erwartbar und damit sinnvoll und anschlussfähig wird.<sup>5</sup> Dies bedeutet jedoch nicht unbedingt, dass das Verhalten von Ego dadurch für Alter vollständig prognostizierbar und damit in allen Einzelheiten festgelegt ist. Es geht nur darum, dass sich dieses Verhalten in einem bestimmten Auswahlbereich, also einem mehr oder weniger festen Rahmen oder Korridor bewegt<sup>6</sup> und insbesondere auch die Fortsetzung des Kommunikationsprozesses gestattet.

Im weiteren Verlauf seiner Theoriebildung löst Luhmann dann aber die Symmetrie der Situation der doppelten Kontingenz durch das zeitliche Nacheinander aufeinander aufbauender Kommunikationen in der Selbstreferentialität des kommunikativen Prozesses auf. Insbesondere wird die Absicht in der Symbolverwendung, dass das Symbol also die intendierte Interpretation besitzt, nicht mehr den individuellen Akteuren, sondern dem Kommunikationssystem zugerechnet. Die Entstehung des kommunikativen Prozesses werden wir in unserem Formalismus in Abschnitt System darstellen. Vorher müssen wir noch den Begriff der Komplexität klären.

### III. Komplexität

»Als komplex wollen wir eine zusammenhängende Menge von Elementen bezeichnen, wenn auf Grund immanenter Beschränkungen der Verknüpfungskapazität der Elemente nicht mehr jedes Element jederzeit mit jedem anderen verknüpft sein kann.« (Luhmann 1984, 47)

5 Eine Lösung des Problems besteht darin, dass jeder sein Verhalten für den anderen erwartbar macht. Die Luhmannsche Konzeption unterscheidet sich von der Struktur spieltheoretischer Modelle. Zwar beruht typischerweise die Lösung in spieltheoretischen Modellen auch darauf, dass jeder das Verhalten des anderen antizipiert und sein eigenes Handeln aus dieser Antizipation und dem Wissen darum bestimmt, dass der andere auch dieses Handeln wiederum antizipiert. In der Spieltheorie wird dies aber aus einer anderen Annahme abgeleitet, nämlich aus der Annahme der Rationalität bei der Verfolgung des unterstellten Zieles der Maximierung der Auszahlungsfunktion. Dass die Akteure also gegenseitig erwartbar handeln, ist die unbeabsichtigte und von den Akteuren auch nicht gewünschte Konsequenz aus der Vorgabe des zu verfolgenden Zieles. Natürlich gibt es in der Spieltheorie auch komplexere Konfigurationen, wo es in iterierten Spielen vorteilhaft sein kann, eine stochastische Strategie zu verfolgen, also für den Gegenspieler nicht prognostizierbar zu handeln, aber diese Strategie selbst wird dann auch wieder aus der Rationalitätsannahme abgeleitet, und der Gegenspieler kann sich entsprechend darauf einstellen. In der selbstreferentiell gebauten Luhmannschen Theorie gibt es dagegen keine extern vorgegebene Auszahlungsfunktion, sondern die Erwartbarkeit von Erwartungen ist Voraussetzung für und Resultat von Kommunikation. Die klassische Spieltheorie ist dagegen inhärent nicht dynamisch angelegt. Nur in Varianten, in denen die Spieler anfangs das Spiel nicht vollständig durchschauen, kann es eine Lerndynamik geben (s. z.B. Fudenberg/Levine 1998).

6 Siehe Baecker (2005) für eine genauere Untersuchung dieses Aspektes.

»Die Form der Komplexität ist die *Notwendigkeit des Durchhaltens einer nur selektiven Verknüpfung der Elemente.*« (Luhmann 1997, 138) (Hervorhebungen im Original)

Der Begriff der Operation sabotiert im Grunde den klassischen Begriff der Komplexität, weil er die Unterscheidung von Element und Relation in einen Begriff (Operation = selektive Relationierung als Elementareinheit) aufhebt. (Luhmann 1997, 139, Fn 181)

Komplexität bestimmt sich für Luhmann also als Differenz zwischen Möglichem und Verwirklichtem, als Notwendigkeit der Auswahl zwischen verschiedenen Möglichkeiten. Hieraus ergibt sich eine Beziehung des Komplexitätsbegriffes zum Informationsbegriff. Information wird durch die Auswahl oder Entscheidung zwischen verschiedenen Möglichkeiten gewonnen. Je mehr Alternativen zur Wahl standen, desto größer ist die Information, wenn man erfährt, welche der möglichen Alternativen realisiert worden ist. In komplexen Situationen kann also viel Information gewonnen werden, wenn beobachtet wird, welche der bestehenden Möglichkeiten verwirklicht wird. Komplexität ist also Voraussetzung dafür, dass Information erzeugt wird. Information bemisst sich hier gemäß der Shannonschen Formel

$$H_{\theta}(x) = - \sum_x p(x|\theta) \log p(x|\theta).$$

**Formel (1)**

Information ergibt sich also als Reduktion von Unsicherheit, wenn bei Kenntnis der Verteilung  $p(x|\theta)$  ein bestimmtes  $x$  beobachtet oder kommuniziert wird.

Umgekehrt werden für Luhmann im Begriff des Sinns die jeweils verworfenen, nicht verwirklichten Möglichkeiten weiter mitgeführt: »Sinn stattet das je aktuell vollzogene Erleben oder Handeln mit redundanten Möglichkeiten aus ... Sinn bewirkt ... da diese Operationen (*sc.* psychischer bzw. sozialer Systeme) Komplexität nicht vernichten können, sondern sie mit der Verwendung von Sinn fortlaufend regenerieren.« (Luhmann 1984, 94)

Komplexität kann auf zwei verschiedene Weisen reduziert werden, einmal dadurch, dass der Zwang zur Auswahl verringert wird, dass also verschiedene Möglichkeiten gleichzeitig realisiert werden können oder dass ihre Differenz als irrelevant behandelt wird, zum anderen dadurch, dass die Anzahl der Möglichkeiten eingeschränkt wird. In Formel (1) bezieht sich dies auf den Parameter  $\theta$ , der die Verteilung  $p$  kontrolliert.

Die Funktion der symbolisch generalisierten Kommunikationsmedien wie Geld im Wirtschaftssystem besteht dann darin, dass sie einerseits Komplexität reduzieren, indem sie die Anzahl der Möglichkeiten einschränken, aber dann wieder mehr neue Anschlussmöglichkeiten eröffnen, zwischen denen gewählt werden muss. Dies wird durch eine Entkopplung des Anschlusses von der Bereitstellung seiner Voraussetzung erreicht. Wenn Waren gegen Waren getauscht werden, hängt die Möglichkeit einer Operation von dem Vorhanden-



sein der gewünschten Tauschware ab. Zwischen den verfügbaren Tauschwaren muss andererseits eine Auswahl getroffen werden. Durch die Einführung von Geld als Medium gibt es nur noch eine binäre Alternative, Zahlen oder Nichtzahlen, und die Komplexität ist somit reduziert. Gleichzeitig eröffnet aber die Verfügung über Geld die Möglichkeit nachfolgender Tauschakte ohne die Voraussetzung des Besitzes einer vom Verkäufer gewünschten Ware beim Käufer. Weil der Verkäufer bei der Verkaufsoperation nicht mehr entscheiden muss, was er im Gegenzug für das von ihm dargebotene Objekt erwerben will und somit Komplexität reduziert wird, hat er dann umgekehrt mit dem erhaltenen Geld sehr viele neue Kaufmöglichkeiten, was die Komplexität erhöht. »Die Zahlung schafft sehr hohe *Sicherheit der beliebigen Verwendung* des erhaltenen Geldes für den Gelderwerber (Geldeigentümer) und sehr hohe *Unsicherheit der bestimmten Verwendung* für alle anderen.« (Luhmann 1988, 21; Hervorh. i. O.). Dies ist dann die Komplexitätssteigerung. Ein wichtiger Aspekt dabei ist auch die durch Geld geschaffene Quantifizierung mit (fast) beliebiger Teilbarkeit, was ebenfalls viele neue Möglichkeiten erschließt. Oder in einer etwas anderen Zuspitzung: Auf eine Zahlung kann nur eine weitere Zahlung erfolgen (oder gar nichts) – wobei die externen Folgen von Zahlungen hier ausgeblendet werden –, aber für Geld kann man alles kaufen. Dadurch dass die Operation selbstreferentiell wird und somit von der (speziellen) Fremdreferenz entkoppelt wird, werden neue Möglichkeiten der (allgemeinen) Fremdreferenz eröffnet.

Die Zahlung als Operation des Wirtschaftssystems lässt sich auch insofern als Kommunikation fassen, als sie Erwartungen verändern kann, nämlich Preise als Zahlungserwartungen. Ein wesentlicher Teil der Information verlagert sich also hier entsprechend dem oben dargelegten allgemeinen Schema von  $x$ , welches die Fremdreferenz enthält, die sich auf das Tauschgut oder auf die Bedürfnisse der Akteure beziehen kann, auf die Erwartung  $\theta$ , den Preis.

#### IV. Systembildung

Wir kehren zu der Beziehung zwischen den Größen  $x$  und  $\theta$  in der durch  $\theta$  parametrisierten Wahrscheinlichkeitsverteilung  $p(x)|\theta$  über  $x$  zurück.  $x$  ist die Bezugsgröße, auf die sich die durch  $\theta$  kodierte Erwartung bezieht. Im Sinne der Lerntheorie sollte nun  $\theta$  aus Informationen über  $x$  konstruiert werden. Erhaltene, aber prinzipiell unvollständige Informationen über das Ensemble der  $x$  e gerinnen dann in  $\theta$  zu Erwartungen über weitere Beobachtungen oder sonst noch zu gewinnende Informationen über dieses Ensemble. Dann können aber Informationen über  $\theta$  nützlicher und wertvoller als direkte weitere Informationen über  $x$  werden, weil in  $\theta$  schon ein großer Erfahrungsschatz über das Ensemble der  $x$  e angehäuft sein kann. Wie oben ausgeführt, werden dann nicht mehr Informationen über  $x$  e, sondern solche über  $\theta$  s kommuniziert. Weil nun aber im Verstehensprozess wieder ein  $\theta$  angepasst wird, gewinnt der

Prozess nun seine Selbstreferenz, weil dieses veränderte  $\theta$  dann wieder kommuniziert werden kann.<sup>7</sup>

In Jost (2005a) ist ein Mechanismus für die Emergenz sozialer Institutionen postuliert worden, die Statusbildung, die sich auch in dem skizzierten Formalismus verstehen und als Beispiel für Systembildung darstellen lässt. Status entsteht (idealerweise) über die langfristige Akkumulation von einzelnen Leistungen und wird im Unterschied zur Reputation auch symbolisch ausgedrückt, durch Statussymbole. Diese kodieren Erwartungen über zukünftige Leistungen. Der Vorteil für die Gruppe liegt dann darin, dass diese über viele Einzelereignisse ausgemittelten Erwartungen eine verlässlichere Prognose als die direkte Beobachtung isolierter Ereignisse erlauben, weil in ihnen ein Erfahrungsschatz geronnen ist. Hierfür werden noch keine Symbole benötigt, d.h. es ist für die Verlässlichkeit von Prognosen über die Fähigkeit oder Bereitschaft von Gruppenmitgliedern, bestimmte Leistungen zu erbringen, schon vorteilhaft und einfach, sich an der Reputation oder dem Prestige des jeweiligen Mitglieds zu orientieren. Dies stabilisiert schon das System, weil nämlich Reputation beispielsweise nicht unbedingt schon bei einer einzelnen Fehlleistung vollständig verloren gehen muss. Durch die Bildung von Status, also durch die Einführung von Symbolen, die eine solche Reputation zum Ausdruck bringen sollen, wird dies weiter verfestigt. Dies reduziert Komplexität für die betreffende soziale Gruppe, denn wer das Symbol versteht, braucht die Geschichte der Person nicht mehr zu kennen. Wenn diese Symbole dann direkt kommuniziert werden können, entsteht ein symbolisch generalisiertes Kommunikationsmedium. Natürlich kann dies dann auch missbraucht werden, und jedenfalls kann eine Statussymbolik auch von der Entstehung des Status entkoppelt werden und eine eigene Dynamik entfalten. Dies führt dann dazu, dass, statt primär die Leistungen zu erbringen, die sekundär durch die Symbole kodifiziert und zum Ausdruck gebracht werden sollen, die Erbringung von Leistungen von dadurch zu erwerbenden Symbolen abhängig gemacht wird oder sogar der direkte Erwerb von Statussymbolen ohne den Umweg über die zugrundeliegenden Leistungen angestrebt wird und sich durchsetzt. Dies kann dann letztendlich die langfristige Stabilisierung eines ein derartiges, symbolisch generalisiertes Kommunikationsmedium verwendenden Teilsystems verhindern. Dieselbe Umkehrlogik ist aber nach Luhmann auch für funktionierende ausdifferenzierte Teilsysteme charakteristisch (Luhmann 1973).

7 An dieser Stelle könnte auch eine mathematische Formalisierung des Schließungsbegriffs ansetzen. So könnte man ein System als informationell geschlossen bezeichnen, wenn neue Beobachtungen von  $x$  keine Information enthalten, die nicht schon in  $\theta$  kodiert wären (Bertschinger/Olbrich/Ay/Jost 2006). Informationelle Schließung impliziert auch eine schwächere Form von Schließung, wonach man ein System schon als operativ geschlossen bezeichnen würde, wenn  $\theta$  eine »hinreichende Statistik« (sufficient statistics, siehe z.B. Everitt (2002)) für sich selbst darstellt. Ein derartiger Vorschlag wurde in (Krakauer/Zanotto 2008) für biologische Systeme gemacht – dort allerdings als Autonomie bezeichnet.

Die vorstehenden Überlegungen liefern auch einen Ansatzpunkt das symbolisch generalisierte Kommunikationsmedium Macht als kondensierten Einfluss zu verstehen. Auch im Wirtschaftssystem (Luhmann 1988) ist der Mitteilungsaspekt evident, wenn der Preis als Zahlungserwartung die Beobachtung einzelner Transaktionen obsolet macht.

Im Kontext der Emergenzdiskussion (Jost/Bertschinger/Olbrich 2008) ist hierbei auch der Übergang zu einer längeren Zeitskala wichtig. Einerseits setzt dies bestimmte kognitive Fähigkeiten der beteiligten Akteure voraus, dass diese nämlich in der Lage sein müssen Individuen in ihrer Gruppe über einen langen Zeitraum hinweg konsistent identifizieren und sich an deren Verhalten über diesen Zeitraum hinweg insoweit erinnern zu können, dass sich aus diesem Verhalten durch eine Art von Mittelungsprozess eine spezifische individuelle Verhaltenserwartung konstruieren lässt. Dies setzt also hinreichend komplex strukturierte Akteure voraus. Andererseits ermöglicht dies die Entstehung stabilerer sozialer Ordnungen, da nun die Notwendigkeit entfällt, ständig kurzfristige Bewertungen und Fallanalysen zu treffen, sondern der Status als einfacher, aber hinreichend verlässlicher Indikator zur Bewertung eines Gruppenmitgliedes herangezogen werden kann. Die auf der kurzen Zeitskala freigesetzten kognitiven Ressourcen können dann ebenfalls auf eine längere Zeitskala umgelenkt werden, um von kurzfristigen Schwankungen der Umwelt weniger abhängig zu werden.

## V. Ausblick

Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme bietet vielfältige Anregungen für die »complex systems science«, die Beschränkungen des Selbstorganisationsparadigmas in der Beschreibung sozialer Systeme zu überwinden. Ein möglicher Ausgangspunkt ist der Kommunikationsbegriff.

Ausgehend von der Luhmannschen Umstellung auf Kommunikation als Operation sozialer Systeme und seiner Betonung der selbstreferentiellen Konstitution sozialer Systeme haben wir Kommunikation formalisiert als Operation auf parametrisierten Erwartungen  $p(x)|\theta$ . Dies eröffnet einerseits den Bezug auf grundlegende mathematische Theorien (s. z.B. Jost 2005b), in deren Kontext dann der Formalismus ausgebaut werden kann. Ein wesentlicher neuer Aspekt ist allerdings, dass unser hier entwickelter Formalismus zu Dynamiken auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen führt. Andererseits ermöglicht dies, den Übergang zu einem selbstreferentiellen Anschluss, also den entscheidenden Schritt der Systembildung, dadurch zu verstehen, dass diese sich anpassenden Erwartungen sich nicht mehr direkt auf Fremdreferenzen  $x$ , sondern wieder auf Erwartungen und damit auf Parameter vom Type von  $\theta$  beziehen. Dadurch dass diese Parameter langfristig ausgemittelte und stabilisierte Erfahrungen über  $x$  e enthalten können, wird Komplexität reduziert, und es werden gleichzeitig

auf einer anderen Stufe neue Möglichkeiten gewonnen, so dass es zu einer nachfolgenden Komplexitätssteigerung kommen kann. Dies lässt sich mit dem Konzept der Emergenz in Verbindung bringen.

Eine Herausforderung besteht nun darin, auf der hier entwickelten konzeptionellen Grundlage Modelle zu entwickeln, die mittels analytischer Methoden oder wenigstens durch Computersimulationen tiefere Einsichten in die Mechanismen der Systembildung erlauben.

## Literatur

- Baecker, Dirk (2005): Form und Formen von Kommunikation. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Eco, Umberto (1977): Zeichen. Einführung in einen Begriff und seine Geschichte. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Eco, Umberto (2002): Einführung in die Semiotik. München: W. Fink Verlag.
- Everitt, Brian S. (2002): The Cambridge Dictionary of Statistics. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fudenberg, Drew/Levine, David K. (1998): The Theory of Learning in Games. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Keller, Rudi (1995): Zeichentheorie. Tübingen/Basel: Francke Verlag.
- Luhmann, Niklas (1973): Zweckbegriff und Systemrationalität. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas (1988): Die Wirtschaft der Gesellschaft. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas (1984): Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas (1997): Die Gesellschaft der Gesellschaft. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Jost, Jürgen (2005a): Formal Aspects of the Emergence of Institutions. Structure and Dynamics: eJournal of Anthropological and Related Sciences 1, 1, Article 6.
- Jost, Jürgen (2005b): Dynamical Systems. Examples of Complex Behavior. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Bertschinger, Nils/Olbrich, Eckehard/Ay, Nihat/Jost, Jürgen (2006): Information and Closure in Systems Theory. S. 9-19 in: Stefan Artmann/Peter Dittrich (Hg.), Explorations in the Complexity of Possible Life. Amsterdam: IOS Press.
- Jost, Jürgen/Bertschinger, Nils/Olbrich, Eckehard/Ay, Nihat/Frankel, Sidney (2007): An information theoretic approach to system differentiation on the basis of statistical dependencies between subsystems. Physica A, PHYSA10303.
- Jost, Jürgen/Bertschinger, Nils/Olbrich, Eckehard (2008): Emergence. A Dynamical Systems Approach. Manuskript.
- Krakauer, David C./Zanotto, Paolo (2008): Viral Individuality and Limitations of the Life Concept. To appear in: Transitions from Non-living to Living Matter. Cambridge, Mass.: MIT Press
- Weibull, Jörgen W. (1995): Evolutionary Game Theory. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Prof. Dr. Jürgen Jost/Eckehard Olbrich PhD  
 Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften  
 Inselstr.22, D-04103 Leipzig  
 jost@mis.mpg.de  
 olbrich@mis.mpg.de