

### Doppelte Kontingenz nach Luhmann – ein Simulationsexperiment

Kron, Thomas; Dittrich, Peter

Veröffentlichungsversion / Published Version  
Sammelwerksbeitrag / collection article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:  
SSG Sozialwissenschaften, USB Köln

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Kron, T., & Dittrich, P. (2002). Doppelte Kontingenz nach Luhmann – ein Simulationsexperiment. In T. Kron (Hrsg.), *Luhmann modelliert: sozionische Ansätze zur Simulation von Kommunikationssystemen* (S. 209-251). Opladen: Leske u. Budrich. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-197415>

#### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

#### Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

- Schmid, M. (1982): *Theorie sozialen Wandels*. Opladen. Westdeutscher.
- Schmid, M. (1994): Zur Evolution von Regeln. Einige modelltheoretische Überlegungen. In: Reimann, H./H.-P. Müller (Hrsg.): *Probleme moderner Gesellschaften: Peter Atteslander zum 65. Geburtstag*. Opladen. Westdeutscher, S. 224-250.
- Schmid, M. (1995): Soziologische Evolutionstheorie. In: *Protozoologie*: S. 200-210.
- Schmid, M. (1996): Das Problem der Normenentstehung. In: Gadenne, H. J. (Hrsg.): *Rationalität und Kritik*. Tübingen. Mohr, S. 151-182.
- Schmid, M. (1998): *Soziales Handeln und strukturelle Selektion. Beiträge zur Theorie sozialer Systeme*. Opladen. Westdeutscher.
- Schmid, M. (1998): Soziologische Evolutionstheorien. In: Preyer, G. (Hrsg.): *Strukturelle Evolution und das Weltsystem: Theorien, Sozialstruktur und evolutionäre Entwicklungen*. Frankfurt/Main. Suhrkamp, S. 387-426.
- Schnell, R. (1991): Computersimulation und Theoriebildung in den Sozialwissenschaften (1): In: Troitzsch, K. G./H. Esser (Hrsg.): *Modellierung sozialer Prozesse*. Bonn: Informationszentrum Sozialwissenschaften, S. 139-175.
- Schulz-Schaeffer, I./T. Malsch (1998): Das Koordinationsproblem künstlicher Agenten aus der Perspektive der Theorie symbolisch generalisierter Interaktionsmedien. In: Malsch, T. (Hrsg.): *Sozionik. Soziologische Ansichten ueber künstliche Sozialität*. Berlin. Sigma. S. 235-254.
- Skinner, B. F. (1938): *The behavior of organisms*. New York: Appleton.
- Skinner, B. F. (1953): *Science and human behavior*. New York: Macmillan.
- Steels, L. (1999): The Puzzle of Evolution. In: *Kognitionswissenschaft*, Vol. 8, No. 4.
- Sutton, R. S./A. G. Barto (1998): *Reinforcement Learning. An Introduction*. Cambridge MASS: MIT Press.
- Troitzsch, K. G. (1997): Social Science Simulation - Origins, Prospects, Purposes. In: Conte, R./R. Hegselmann/P. Terna (Hrsg.): *Simulating Social Phenomena*. Berlin. Springer. S. 41-54.
- Wilson, E. O. (1975): *Sociobiology. The New Synthesis*. Cambridge, Mass. Belknap Press.
- Young, H. P. (1998): *Individual Strategy and social Structure. An evolutionary Theory of Institutions*. Princeton. Princeton Univ. Press.
- Ziegler, R. (1997): The normative Structure of Solidarity and Inequality. In: *Rationality and Society* 9(4): S. 449-468.

## Doppelte Kontingenz nach Luhmann – ein Simulationsexperiment<sup>1</sup>

*Aller Anfang ist leicht.  
Niklas Luhmann*

„Die folgenden Überlegungen gehen davon aus, dass es Systeme gibt.“ So beginnt Niklas Luhmann (1984: 30) das erste Kapitel seines Grundrisses einer allgemeinen Theorie. Doch ganz so einfach, wie es zunächst erscheint, hat Luhmann es sich (und seinen LeserInnen) nicht gemacht. Auch Systeme haben einen Anfang. Systeme müssen entstehen, bevor es sie gibt; oder anders: es gibt Systeme erst, wenn sie entstanden sind. Dies ist nicht unproblematisch, denn mit der Systemgenese muss ein Problem gelöst werden, das seit Talcott Parsons „doppelte Kontingenz“ genannt wird. Parsons hatte anhand dieses Problems die Frage lösen wollen, wie denn soziale Ordnung überhaupt möglich sei. Das Problem und die Lösung „doppelter Kontingenz“ nimmt deshalb bei Parsons eine wichtige Stellung ein. Auch für Luhmann ist das Problem „doppelter Kontingenz“ zentral: „Wir halten fest, dass das Problem der doppelten Kontingenz zu den Bedingungen der Möglichkeit von Handlungen gehört und dass daher die Elemente von Handlungssystemen, nämlich Handlungen, nur in diesen Systemen und nur durch Lösung des Problems der doppelten Kontingenz konstituiert werden können.“ (Luhmann 1984: 149) Nur wenn es also eine Lösung des Problems „doppelter Kontingenz“ gibt, kommt es zur Systembildung (Luhmann 1988: 237).<sup>2</sup>

### Das Problem doppelter Kontingenz nach Parsons

Worin liegt nun die Besonderheit der Situation doppelter Kontingenz? Parsons (1968: 436, Herv.i.O.; vgl. ders. 1951: 14ff.) hat die wesentlichen Merkmale wie folgt beschrieben: „The crucial reference points for analyzing interaction are two: (1) that each actor is *both* acting agent and object of orientation *both* to himself and to the others; and (2) that, as acting agent, he orients to himself and to others, in *all* of the primary modes of aspects. The actor is knower and object of cognition, utilizer of instrumental means and

---

1 Dieser Beitrag entstand im Rahmen des von der DFG geförderten Projekts „Untersuchungen zur Dynamik sozialer Systeme anhand der Simulation komplexer, adaptiver Agenten“. Für ihre Unterstützung danken wir (in alphabetischer Reihenfolge): Prof. Dr. Wolfgang Banzhaf, Gudrun Hilles, Dipl.-Inform. Christian Lasarczyk, Prof. Dr. Uwe Schimank und Dipl.-Inform. Andre Skusa.

2 Auch die weitere Ausdifferenzierung autopoietischer Sozialsysteme kann durch „doppelte Kontingenz“ angestoßen werden (Luhmann 1997: 812).

himself a means, emotionally attached to others and an object of attachment, evaluator and object of evaluation, interpreter of symbols and himself a symbol.“

Parsons' Lösungsansatz geht nun im Anschluss an die Untersuchungen von Thomas Hobbes und Herbert Spencer einerseits davon aus, dass Situationen doppelter oder multikomplexer Kontingenz äußerst instabil sind. Ordnung kann in solchen Situationen zwar entstehen, aber lediglich als *faktisches* Ereignis, das sofort wieder zerbrechen kann. Enttäuschungsfeste Erwartungen über die soziale Ordnung hingegen können in einer Situation, in der sich ausschließlich die Akteure wechselseitig die Welt darstellen, nicht ausgebildet werden. Die Akteure befinden sich in einem Gefangenendilemma: Das nach den subjektiven Nutzenkalkulationen für jeden einzelnen Akteur beste Ergebnis führt zu einer für alle Akteure schlechten Gesamtverfassung. Hier hat Parsons mit Hinweis vor allem auf Durkheim den Nachweis geführt, dass es bei beliebiger Mittelwahl und Rationalität als einziges Selektionskriterium zu irrationalen Handlungsfolgen kommt.<sup>3</sup> Da in dieser Perspektive weder Interessenverfolgung noch Zwang durch eine zentralisierte Sanktionsgewalt eine über den Zufall hinaus gehende Ordnung entstehen lassen, werden die eigentlichen Handlungsfreiheiten der Akteure wieder in höchstem Maße eingeschränkt (etwa beim Kampf „Alle gegen Alle“). Insgesamt argumentiert Parsons damit vor allem gegen die utilitaristische Sozialtheorie, der er vorwirft, nicht erklären zu können, wie es zu einer normativen Ordnung – zur Normeinhaltung als höheres Ziel – kommen kann, wenn es keine Konstanz der Ziele, also keine stabile Präferenzordnung der Akteure gibt.<sup>4</sup>

Wie also ist soziale Ordnung möglich, wenn wir doch beobachten können, dass es sie gibt?<sup>5</sup> Parsons geht nun bei der Betrachtung doppelter Kontingenz von einer möglichen Steigerung der Handlungsfreiheit aus, „if the autonomy possessed by each acting unit relative to its environment is *integrated* with that of the others with which it interacts“ (Parsons 1968: 437, Herv.i.O.). Und wie wird diese Integration erzeugt? „The most important *single* condition of the integration of an interaction system is a *shared basis of normative order*.“ (Parsons 1968: 437, Herv.i.O.) Die gemeinsam geteilte Basis, auf der Anschauungen über das bereit gehalten werden, was wünschenswert ist oder nicht, ist ein gemeinsam geteiltes Symbolsystem („common culture“) – der Sprache ähnlich – mit der Funktion der „guidance of action“ (Parsons 1968: 437). An dieser Stelle können wir den Argumentationsgang von Parsons unterbrechen, da nun die analytischen Grenzen der Situati-

3 Vgl. konträr dazu Axelrod (1997: 40ff.), Baumann (1998), Esser (2000: 117ff.), Schmid (1995).

4 Bekanntlich ist diese Ansicht äußerst umstritten, wozu wir uns hier aber nicht weiter äußern. Eine Überschneidung wird es dennoch an der Stelle geben, an der Vertreter des Rational Choice auf den „Schatten der Zukunft“ verweisen, der dann doch soziale Ordnung ohne Normen und Werte ermöglichen soll (so Axelrod 1995: 157; Esser 2000: 134ff.).

5 Zur Parallelität dieser Fragestellung bei Parsons und Kant siehe Münch (1982: 177ff.).

on doppelter Kontingenz überschritten werden. Die Frage nämlich, wie denn ein gemeinsam geteiltes Symbolsystem entstehen kann, *bevor* es zur Entstehung sozialer Ordnung gekommen ist, kann im Rahmen der Situation doppelter Kontingenz nicht mehr beantwortet werden: „This is one sense in which the dyad is clearly a limiting case of interaction. However isolated a dyad may be in other respects, it can *never* generate the ramified common culture which makes *meaningful* and stable interaction possible. A dyad always presupposes a culture shared in a wider system. Furthermore, such a culture is always the product of a ‚historical‘ process long transcending the duration of a particular dyadic relationship.“ (Parsons 1968: 437, Herv.i.O.) Diese Erklärung der Entstehung eines gemeinsam geteilten Symbolsystem ist nicht das Thema dieses Beitrags. Wichtig ist dagegen festzuhalten, dass Parsons keine Möglichkeit gesehen hatte, dass soziale Ordnung ausgehend von der Situation doppelter Kontingenz entstehen kann, ohne auf Werte und Normen zurückzugreifen. Ebenfalls sei angemerkt, dass diese Lösung in der aktuellen soziologischen Theoriediskussion meist desavouiert wird.<sup>6</sup>

### Das Problem doppelter Kontingenz nach Luhmann

Wie sieht Luhmanns Lösung aus? Wohl bekannt distanziert er sich von Parsons' Vorschlag: „Nichts zwingt dazu, die Lösung des Problems der doppelten Kontingenz ausschließlich in einem schon vorhandenen Konsens, also ausschließlich in der Sozialdimension zu suchen.“ (Luhmann 1984: 150) Luhmann dagegen setzt mehr auf Zufall. Doch wir greifen vor. Zuerst müssen wir die Grundsituation aus Luhmann'scher Sicht nachvollziehen: Wir haben es mit einer Situation zu tun, in der zwei Agenten<sup>7</sup> es miteinander zu tun bekommen. Worin liegt das Problem?<sup>8</sup> Nun, prekär ist diese Situation also

6 Vgl. aber auch Kron (2001).

7 Wir führen an dieser Stelle den für die Informatik üblichen Begriff des Agenten ein (Schulz-Schaeffer 1998), Luhmann selbst hat von „black boxes“ gesprochen. Auch diese Agenten sind ganz im Sinne Luhmanns zunächst eigenschaftslos, solange der Informatiker keine Eigenschaften implementiert. D.h. – und das ist ein Grund für Luhmanns Begriffswahl von „black boxes“ –, die Agenten sind füreinander nicht durchsichtig und nicht berechenbar. Damit wird nicht geleugnet, dass externe Beobachtungen und Beschreibungen möglich sind: „Jeder Beteiligte macht sich ein Bild von beiden Beteiligten.“ (Luhmann 1988: 237) Dabei sehen die Agenten aber nur, was sie selbst sehen. Es gibt keine Möglichkeit, wirklich in die Beobachtungsweise des beobachteten Anderen einzutreten. Wie man sich allerdings von einem Anderen ein Bild machen kann, ohne diesen zu prognostizieren (mit Wahrscheinlichkeiten?), wird von Luhmann nicht erläutert.

8 Denn mit Fuchs (1994: 28, Herv. von uns) würde man diese Frage gar nicht stellen dürfen: „Gesellschaft kondensiert am Problem doppelter Kontingenz [...]. Entscheidend ist, dass [...] das Kondensat *nicht* an einem Problem entsteht, das ihm vorgängig ist: erst doppelte Kontingenz, dann soziales System. Vielmehr sind (wie bei allen Differenzen) die Differenzzeiten (System/Umwelt) schlageinheitlich da: simultan. Indem es doppelte Kontingenz gibt, gibt es Gesellschaft, und indem es Gesellschaft gibt, gibt es doppelte Kontingenz [...]“. Dass wir diese Frage doch stellen und sogar in den Mittelpunkt stellen, deutet an, dass wir Fuchs hier *sozionisch* nicht folgen können, denn in der Simulation entsteht Gesellschaft (G)

deshalb, weil Alter und Ego ihr Handeln von der Handlung des jeweils Anderen abhängig machen und ihre Handlungswahl erst dann treffen wollen, wenn es eine Anschlussmöglichkeit an das Verhalten des Anderen gibt. Und dies in einer Situation, die als kontingent beschrieben wird. Kontingenz bedeutet „auch anders möglich sein“ und damit Risiko (Luhmann 1984: 47): „Kontingenz ist etwas, was weder notwendig ist noch unmöglich ist; was also so, wie es ist (war, sein wird), sein kann, aber auch anders möglich ist.“ (Luhmann 1984: 152)<sup>9</sup> Das Problem besteht hier zunächst wie bei Parsons in der Unmöglichkeit zur Interaktion. Es gibt kein *inter* bei black boxes. Warum ist dies ein Problem *doppelter* Kontingenz? Ein Problem entsteht in der Verdopplung genau deshalb, weil sich *beide* Akteure *zugleich* in ihrer *Handlungswahl* von dem Anderen abhängig machen. Es kommt demnach zu einem *faktischen* Problem des Anfangs: Beide warten darauf, dass der Andere sich verhält. Dies ist aber noch nicht das von Luhmann identifizierte Problem, denn es würde sich sonst ja direkt die Frage anschließen lassen, wieso es zu dieser abwartenden Haltung überhaupt kommt. Luhmann geht weniger von diesem faktischen, als von einem „gedachten“ (mental, überlegten, vorgestellten o.ä.) Problem doppelter Kontingenz aus: Alter und Ego *denken* nämlich, dass ihre Handlungswahl von dem Verhalten des Anderen abhängig ist. Auch dies wäre noch unproblematisch, wüsste man genau, was der Andere tut; oder mit anderen Worten: könnte man ihn berechnen. Genau dies ist aber nicht der Fall und daraus entsteht das Problem, dass Ego und Alter sich den Anderen als prinzipiell intransparent vorstellen: „Zu einem Akutwerden doppelter Kontingenz genügt jedoch nicht die bloße Faktizität der Begegnung; zu einem motivierenden Problem der doppelten Kontingenz (und damit der Konstitution sozialer Systeme) kommt es nur, wenn diese Systeme in spezifischer Weise erlebt und behandelt werden: nämlich als unendlich offene, in ihrem Grunde dem fremden Zugriff entzogene Möglichkeiten der Sinnbestimmung.“ (Luhmann 1984: 151f.) Beide Agenten sind dem deterministischen Zugriff des jeweils Anderen prinzipiell entzogen. Was soll das bedeuten? Da Luhmann bezogen auf die Situation doppelter Kontingenz äußerst akteurtheoretisch formuliert, können wir von Agenten als Modellierungen sozialer Akteuren ausgehen, die sich begegnen.<sup>10</sup> Das, was wir „Akteure“ nennen, wird bei Luhmann genauer gefasst als psychische Systeme. Diese sind, wie soziale Systeme auch, autopoietisch organisiert, d.h., sie beziehen das, was sie als Einheit zu ihrer eigenen Reproduktion verwenden, nicht aus

---

nicht mit der doppelten Kontingenz (dK) bedingungslos, es sei denn per definitionem (dk = G).

- 9 „Der Begriff Kontingenz, wie immer umschrieben, wie immer blumig kommuniziert, steht in einem sehr weiten Sinne für Unbestimmbarkeit. Er steht für Verlust an Eindeutigkeiten sozialer bzw. psychischer Operationen, für die Unmöglichkeit, etwas bestimmen, ohne mit-einzurechnen, dass die Bestimmung kontingent beobachtet, dass an sie kontingent angeschlossen werden könnte.“ (Fuchs 1994: 33)
- 10 Der gleiche Argumentationsgang ist auch für soziale Systeme möglich und systemtheoretisch gültig.

ihrer Umwelt, sondern produzieren und reproduzieren die Systemelemente im System selbst: „Autopoiesis heißt: für das System selbst unbeendbares Weiterlaufen der Produktion von Elementen des Systems durch Elemente des Systems.“ (Luhmann 1988: 71)<sup>11</sup> Individualität bedeutet dann in diesem Kontext: Individualität psychischer Systeme, deren Autopoiesis über Bewusstsein, verstanden als spezifischer Operationsmodus psychischer Systeme, erzeugt wird (Luhmann 1984: 359) und deren Letztelemente als Gedanken bezeichnet werden (Luhmann 1995: 60).<sup>12</sup> Die wichtigste Konsequenz hieraus für die Situation doppelter Kontingenz ist: „*Es gibt keinen unmittelbaren Kontakt zwischen verschiedenen Bewusstseinsystemen.*“ (Luhmann 1995: 58, Herv.i.O.) Genau das macht das Schwarze der aufeinander treffenden black boxes aus. Und genau dieses Aufeinandertreffen bringt doppelkontingente Situationen hervor. Hier gibt es keine basale Zustandsgewissheit (Luhmann 1984: 157), die bei Parsons noch durch Werte erzeugt werden sollte.

Zusammengefasst stellt sich das Problem der Situation doppelter Kontingenz mit den Worten von Beermann (1993: 248, Herv.i.O.) nun wie folgt dar: „Wenn Ego einem Alter freie Wahl zuzuschreiben bereit ist und sich denkt, dass seine Handlungen von den Reaktionen Alters mitbestimmt sind, und sich den Alter als intransparent vorstellt, dann wird Ego, falls ihm ein Alter begegnet, zunächst *nicht* handeln. Oder *positiv*, als Frage formuliert: Wie kann es unter diesen Bedingungen überhaupt zu einer Verhaltensabstimmung zwischen Ego und Alter kommen?“

### Luhmanns Lösungsvorschlag

Bevor wir Luhmanns Lösung näher betrachten, können wir festhalten, dass das Problem doppelter Kontingenz lösbar ist. Eine erste Erklärung dafür ist, dass trotz des Problems gehandelt werden *muss*, denn: „Die doppelte Kontingenz erzeugt Aktionsdruck.“ (Luhmann 1984: 162) Auf den ursächlichen Grund für diesen Aktionsdruck kommen wir gleich zu sprechen. Vorerst reicht: Beide Agenten müssen handeln und sind dabei wie gesagt beide kontingent in ihren Handlungsmöglichkeiten. Einer von beiden Agenten – unterstellend, dass der Andere im Sinne des System-Umwelt-Verhältnisses determinierbar (irritierbar, störbar, aufschaukelbar, in Schwingung versetzbar;

11 Oder in einer neueren Formulierung: „Autopoietische Systeme sind Systeme, die nicht nur ihre Strukturen, sondern auch die Elemente, aus denen sie bestehen, im Netzwerk eben dieser Elemente selbst erzeugen.“ (Luhmann 1997: 65) Erwähnt sei hier, dass Luhmanns Vorstellung von autopoietischen Systemen unterschieden werden muss von den originären Beiträgen zur Autopoiesis von Maturana/Varela (1987: 55ff.).

12 „Die Autopoiesis des Bewusstseins ist das Fortspinnen mehr oder minder klarer Gedanken, wobei das Ausmaß an Klarheit und Distinktheit selbstregulativ kontrolliert wird je nachdem, was für einen bestimmten Gedankenzug – vom Dösen und Tagträumen bis zur mathematischen Rechnung – zur Einteilung der Gedanken und zum Übergang erforderlich ist.“ (Luhmann 1995: 61)

Luhmann 1986: 40ff.) ist – unternimmt eine Aktion (Kommunikation) und stellt sich dabei die Frage, wie der Andere wohl mit dieser Offerte umgeht. Offensichtlich müssen bereits für diesen ersten Schritt aus der Situation doppelter Kontingenz heraus ein „Interesse“ an der Reaktion des Anderen und kognitive Fähigkeiten der Wahrnehmung der Reaktion als Bedingungen vorhanden sein. Sonst käme auch nach Luhmann (1984: 160, Herv. von uns) „kein soziales System in Gang, wenn derjenige, der mit Kommunikation beginnt, nicht wissen kann oder sich nicht dafür *interessieren* würde, ob sein Partner darauf positiv oder negativ reagiert.“ Welche Aktion inhaltlich gewählt wird, ist irrelevant. Nach Luhmann kann jeder Zufall, Anstoß, Irrtum produktiv im Sinne der Systembildung werden.

### *Anthropologische Prämissen*

An dieser Stelle schieben wir eine kurze Zwischenbetrachtung ein. Wir halten fest: Luhmann selbst spricht also von einem notwendigerweise vorhandenem *Interesse*. Dies ist bemerkenswert, weil Luhmann in Abgrenzung zum Methodologischen Individualismus Intentionalität und Eigennutz ausdrücklich als Situationsbedingung ablehnt: „Die Verfolgung des eigenen Nutzens ist eine viel zu anspruchsvolle Einstellung, als dass man sie generell voraussetzen könnte“ (Luhmann 1984: 160). Wir stoßen hier auf einen Punkt, der auf die Beschaffenheit der Agenten zielt. Wenn man danach fragt, welche Motivation die black boxes bei Luhmann daran haben, die Situation doppelter Kontingenz zu lösen, kommt man recht schnell auf ein *Interesse an Erwartungssicherheit* zu sprechen. Hier schimmert der anthropologische Hintergrund Luhmanns früher Schriften durch (Münch 1994: 277; Schimank 1988: 629ff.; 1992: 182ff.). Wurden vor Luhmanns so genannter „autopoietischen Wende“ noch substantielle Akteureigenschaften explizit in die Argumentation eingebaut, findet man sie danach nur noch implizit. Hieß es früher bezogen auf die Situation doppelter Kontingenz: „Geht man auf die *Grundbedingungen menschlichen Daseins* in der Welt zurück, so findet man *als Ausgangsdatum* ein sehr begrenztes Potential für aktuell-bewusste Wahrnehmung und Informationsverarbeitung. In diesem *jedem gegebenen* Aufmerksamkeitsfeld lässt sich rein menschliches Erleben und Handeln nicht ausreichend koordinieren. Es liefe auf reinen Zufall hinaus, wollte man die Herstellung sozialer Übereinstimmung der momentanen Aktualität des Bewusstseins überlassen: der Begegnung Gleichgesinnter, dem augenblicklichen Einfall, der überzeugenden Improvisation.“ (Luhmann 1969: 30; Herv. von uns) In „Soziale Systeme“ (Luhmann 1984: 169) heißt es dann, dass beide Akteure die Unbestimmtheit der Situation doppelter Kontingenz als Problem<sup>13</sup> erfahren und diese Unbestimmtheit jeder Aktivität der beiden Agenten

13 Gerade die Doppelung der Kontingenz macht die Situation für beide Agenten „unbestimmbar, instabil, unerträglich“ (Luhmann 1984: 172). Beide Agenten konvergieren in dieser Erfahrung der Unerträglichkeit und können sich wechselseitig diese Erfahrung und ein „Interesse an der Negation dieser Negativität“ unterstellen (ebd.).



Struktur bildende Bedeutung gibt: „Wenn ein beteiligtes System eine Situation als doppelkontingent erfährt, hat das Auswirkungen auf sein Verhalten. Doppelte Kontingenzt ist also ein Problem, das als Problem Wirkungen hat.“ Warum aber wird eine doppelkontingente Situation zu einem Problem? Wegen der Grundbedingungen menschlichen Daseins, die in einem begrenzten Wahrnehmungs- und Informationsverarbeitungspotenzial liegt, so könnte man nun vermuten. Doch was bedeutet dies konkreter? Zunächst einmal, dass Menschen, wenn sie es mit der Welt zu tun haben, auf die Gesamtheit möglicher Ereignisse zu reagieren haben. Sie müssen, mit anderen Worten, Komplexität handhaben, erfassen und reduzieren. Genau deshalb gibt es nach Luhmann soziale Systeme: Zur Erfassung und Reduktion von Komplexität als Kompensation für die *aus anthropologischen Gründen* dem Menschen gegebene, kaum veränderbare Fähigkeit zu bewusster Erlebnisverarbeitung. Wenn es aber schon anthropologische Gründe gibt, die zu diesem „Mangel“ führen, warum kann es dann nicht auch andere (anthropologische) Gründe geben, dass Menschen zu irgendetwas fähig sind oder nicht? Weshalb, mit anderen Worten, soll man auf Akteure als Träger bestimmter Eigenschaften verzichten?

Wichtig in diesem Kontext ist also Luhmanns nicht eingehaltener Anspruch des Verzichts „auf jede substanztialisierte Auffassung von Individuen oder Akteuren, die als Träger bestimmter Eigenschaften die Bildung sozialer Systeme ermöglichen.“ (Luhmann 1984: 155) Offensichtlich sind die Akteure aber, wenn sie mit einem Bedürfnis nach Erwartungssicherheit beladen sind, doch nicht eigenschaftslos. Sicherlich sind etwa Intensionsinterferenzen<sup>14</sup> das zweite Grund legende Problem von Akteuren *nach* der Herstellung von Erwartungssicherheit als Antwort auf das Problem der Kontingenztbewältigung (Schimank 1988: 624). Wenn es prinzipiell eine substanzielle Eigenschaft der Erwartungssicherheit gibt, warum dann nicht auch Zielverfolgung (Schimank 1992)? Schließlich spricht Luhmann (1984: 166) bei der Lösung des Problems der Doppelkontingenzt auch von dem entscheidenden selbstreferenziellen Zirkel: „Ich tue, was Du willst, wenn Du tust, was ich will.“ Abgesehen davon, dass diese Anforderung nur dann zu einem Zirkel wird, wenn sie zugleich auf beiden Seiten (bei Alter und Ego) gestellt wird,<sup>15</sup> ist es doch fraglich, woher denn auf einmal das *Wollen* der Akteure kommt. Man müsste insgesamt folglich auch danach fragen, unter welchen weiteren Eigenschaften

14 Intensionsinterferenzen entstehen dann, wenn Akteure sich in ihrem Handeln an anderen Akteuren orientieren müssen, z.B. weil mehrere Akteure auf die gleiche, aber nicht für alle Akteure ausreichende Ressource zugreifen wollen (Schimank 2000: 173ff.). Die verschiedenen Arten von Interdependenzbewältigung richten sich dann u.a. nach der Anzahl der Akteure, der Abhängigkeitsverhältnisse oder der Art der Störung.

15 „Ein echter Zirkel entsteht aber, wenn die Handlungsbedingung zweimal auftritt, als Bewusstseinsinhalt Egos und als – von Ego vorgestellter – Bewusstseinsinhalt Alters: Ich (=Ego) tue, was Du (=Alter) willst, wenn Du tust, was ich will, aber/und Du tust, was ich will, wenn ich tue, was Du willst; also: Ich tue, was Du willst, wenn ich tue, was Du willst; also Blockade.“ (Beermann 1993: 252)

von Akteuren Systembildung möglich oder eben nicht möglich ist. Was passiert z.B., wenn die Agenten in das Szenario der Doppelkontingenz ein Interesse an Ressourcen mitbringen? Wie können die Aktivitäten dann so aufeinander eingestellt werden, dass es tatsächlich zur Strukturbildung kommt? Und erst vor diesem Hintergrund „komplexer“ Agenten wäre es uns möglich, weiter zu fragen, mit welchen Lernfähigkeiten etwa die Agenten für umweltmanipulative Aktionen ausgestattet sein müssen. Diese äußerst wichtigen Fragen müssen hier allerdings offen bleiben.<sup>16</sup> Wir unterstellen den Agenten lediglich ein Interesse an Erwartungssicherheit, d.h., das für die Simulation erstellte Szenario hält für die Agenten ansonsten keine weiteren Ressourcen bereit, an denen sie ein Interesse haben. Die einzige Ressource, die aus dem Interesse an Erwartungssicherheit ableitbar ist, sind *Strukturmuster*. Diese Strukturmuster bieten Ordnung in der verrauschten Zone der Wechselwirkung der Agenten (als black boxes, d.h. als prinzipielle Störfaktoren füreinander).

### Erster Lösungsschritt: Genese von Erwartungsstrukturen

Kehren wir zurück zu dem ersten Schritt zur Lösung doppelkontingenter Situationen. Luhmann (1984: 150) hat dies so dargestellt: „Alter bestimmt in einer noch unklaren Situation sein Verhalten versuchsweise zuerst. Er beginnt mit einem freundlichen Blick, einer Geste, einem Geschenk – und wartet ab, ob und wie Ego die vorgeschlagene Situationsdefinition annimmt. Jeder darauf folgende Schritt ist dann im Lichte dieses Anfangs eine Handlung mit kontingenzreduzierendem, bestimmendem Effekt – sei es nun positiv oder negativ.“ Die Agenten können so durch Lernen im Laufe der Zeit Kontingenz reduzierende Erwartungen aufbauen. Erwartungsbildung und Strukturmusterbildung zusammen bringen den Agenten dann die „Befriedigung“ ihres „Bedürfnisses“ nach Erwartungssicherheit.<sup>17</sup> Ist erst einmal eine die Un-

16 Luhmann ist diese Nachfragen umgangen, indem er die Frage nach den Bedingungen, unter denen doppelkontingente Situationen überhaupt entstehen, damit beantwortete, dass eben die zwei autonomen Beteiligten (black boxes) wechselseitig zur selektiven Konstitution der Elemente beitragen, die dann im Ergebnis eine emergente Struktur erzeugen: „Der Begriff der Interpenetration antwortet auf die Frage nach den Bedingungen der Möglichkeit von doppelter Kontingenz. Er vermeidet es, diese Antwort durch Verweis auf die Natur des Menschen zu geben [...]. Die Ausgangsfrage ist vielmehr: welche Realitätsvorgaben vorliegen müssen, damit es hinreichend häufig und hinreichend dicht zur Erfahrung doppelter Kontingenz und damit zum Aufbau sozialer Systeme kommen kann. Die Antwort heißt Interpenetration.“ (Luhmann 1984: 293, Herv. von uns)

17 Die Frage ist hier, an welchem Maßstab man die entstandene Ordnung – und um die geht es ja – messen kann. Besteht soziale Ordnung, wenn ein Beobachter z.B. über Strukturmuster von außen Regelmäßigkeiten erkennen kann oder reicht es, wenn die beteiligten Agenten ein hohes Maß an Erwartungssicherheit generieren können (also über gute Prognosefähigkeiten verfügen)? Im Anschluss an Luhmann interessieren zuvörderst die beobachtbaren Strukturmuster und nicht die – für uns ebenfalls messbare – Erwartungssicherheit der Agenten. Wir folgen hier Luhmann darin, dass die durch das soziale System entstandene Ordnung eine emergente, nicht auf die singulären beteiligten Agenten zurückführbare Einheit

sicherheit reduzierende Erwartung entstanden, wird man dieser Erwartung in Zukunft eher gerecht werden, bevor man wieder in den „chaotischen“ Zustand zurück muss: „Man verzichtet nicht auf die Erwartung eines soliden, begehbaren Bodens, wenn man einmal ausrutscht!“ (Luhmann 1972: 32f.). Dabei können die Agenten das, was sie beobachten, „durch ihr eigenes Handeln zu beeinflussen versuchen, und am feedback wiederum können sie lernen“ (Luhmann 1984: 157). Die Erwartungen bilden dann Selbstfestlegungen, an die der Andere anschließen kann. Es entsteht eine zirkulär geschlossene Einheit, in der die Bestimmung jedes Elementes von der eines anderen Elements abhängt (Greshoff 1999: 220ff.). Diese Einheit, so gibt Luhmann zu, hat keine Bestandssicherheit; es gibt keine Unsicherheitsbeseitigung. Unsicherheit gehört zu der entstandenen Einheit und ist zugleich Chance zur Fortsetzung der Einheit, was bedeutet, dass selbstreferenzielle soziale Systeme sich dadurch ausbilden, dass ein Zirkel entsteht, dessen Unterbrechung Strukturen entstehen lässt. Unsicherheit gibt der entstandenen Einheit, die wir auch Ordnung nennen, hierdurch „Eigenschaften eines autokatalytischen Faktors“ (Luhmann 1984: 170) mit, die den Aufbau und die Fortsetzung der emergenten Ordnung ermöglichen, ohne sich zu verbrauchen. Gleichwohl kann die Unsicherheit wenigstens über die Zeit im Aufbau von Systemgeschichte verringert werden. Interessanterweise argumentiert Luhmann (alle folgenden Zitate 1984: 184) auch bei der Begriffsbestimmung zur Systemgeschichte äußerst akteurtheoretisch. Er beginnt zunächst noch abstrakt mit der Ausgangsposition der doppelten Kontingenz: „Solange Ego nicht handeln kann, ohne zu wissen, wie Alter handeln wird, und umgekehrt, ist das System zu wenig bestimmt und dadurch blockiert.“ Dann folgt der Übergang zur emergenten Ordnungsbildung: „Das heißt für die Sinnsysteme aber zugleich: hochsensibel zu sein für nahezu beliebige Bestimmungen. In dieser Lage wirkt doppelte Kontingenz, zeitlich gesehen, als Beschleuniger des Systemaufbaus. Aller Anfang ist leicht.“ Und dann beschreibt Luhmann (akteurtheoretisch), wie nun der erste Schritt zur Herstellung von Systemgeschichte aussehen muss: „Unbekannte signalisieren sich wechselseitig zunächst einmal Hinweise auf die wichtigsten Verhaltensgrundlagen: Situationsdefinition, sozialer Status, Intentionen. Damit beginnt eine Systemgeschichte, die das Kontingenzproblem mitnimmt und rekonstruiert.“ Wir nehmen vorweg, dass wir dieses wechselseitige Anzeigen der wichtigsten Verhaltensgrundlagen nur abstrahiert simulationstechnisch übernehmen: Unsere Agenten signalisieren sich wechselseitig Zeichen, die wir inhaltlich nicht füllen.

Vor dem Hintergrund dieser einleitenden Worte können wir nun unsere Absicht darlegen: Zusammengefasst wollen wir näher spezifizieren, unter

---

ist. Erwartungssicherheit ist aber eine Komponente der individuellen Agenten und nicht Element der entstandenen emergenten Einheit. Die Frage der Strukturbildung wird unten nochmal von uns aufgegriffen.

welchen Bedingungen die Agenten doppelkontingente Situationen in Strukturmuster überführen. Ziel dieser Abhandlung ist neben dieser Theoriespezifikation die Untersuchung der Luhmann'schen Lösung doppelter Kontingenz mit informatischen Methoden. Den Grund für diese Vorgehensweise hat Luhmann (1984: 168; siehe auch 186) selbst gegeben: „„Reine“ doppelte Kontingenz, also eine sozial vollständig unbestimmte Situation, kommt in unserer sozialen Wirklichkeit zwar nie vor. Trotzdem eignet sich dieser Ausgangspunkt, um bestimmte Frage weiter zu verfolgen.“ Dass die Simulation für die Soziologie wichtiger, aber in der Wirklichkeit nicht existierender Situationen durch informatische Agentensysteme von höchster Relevanz ist, leuchtet unmittelbar ein. Selbstverständlich gibt es in diese Richtung eine ganze Reihe anderer Versuche, doppelkontingente Situationen zu modellieren, man denke nur an die vielen spieltheoretischen Untersuchungen zum so genannten Gefangenendilemma. Tatsächlich zeigt das Modell des Gefangenendilemmas ebenfalls die Grundproblematik doppelkontingenter Situationen. Unser Modell unterscheidet sich jedoch von dieser Form der Modellierung: Erstens verwenden wir, wie wir im Folgenden zeigen, *keinen* Pay-Off, den die Agenten als Grundmotivation ihres Handelns annehmen. Zweitens werden Erwartungen bzw. Erwartungserwartungen in unserem Modell *explizit* modelliert und nicht nur implizit unterstellt. Das bedeutet, die Erwartungen und Erwartungserwartungen werden im Simulationsverlauf explizit bestimmt und auf Grund von Erfahrungen gelernt. Soweit spieltheoretische Modelle überhaupt Erwartungserwartungen und nicht nur Erwartungen berücksichtigen, werden diese dort wiederum nur zur Optimierung eines nach dem Handeln auszuzahlenden Pay-Offs, den es in unserem Modell wie gesagt nicht gibt, verwendet. Im Gegensatz dazu erfüllen die Agenten in unserem Modell die Erwartungserwartungen (mehr oder weniger) direkt selbst. Mit diesen Differenzen möchten wir nicht zum Ausdruck bringen, ein „besseres“ Modell entworfen zu haben, denn es handelt sich schlicht um verschiedenartige Modelle auf Grund unterschiedlicher Annahmen. Wir denken jedoch, dass unser Modell mit den genannten Unterschieden etwa zu den spieltheoretischen Varianten die *Luhmann'sche* Analyse der doppelten Kontingenz genauer trifft. So gesehen könnte unser Modell die Spieltheorie, soweit sie sich auf Luhmann bezieht, anregen, ihre Adäquatheit bezüglich der Modellierung doppelkontingenter Situation zu überprüfen.

In einem ersten Schritt wollen wir versuchen, Luhmanns Lösungsvorschlag nachzuvollziehen. Im Mittelpunkt steht dabei einerseits die Frage: Wie kann die Situation doppelter Kontingenz modelliert und damit simuliert werden? Des Weiteren sind die aus den Simulationen abgeleiteten Ergebnisse zu diskutieren: Setzt das Entstehen der doppelten Kontingenz quasi automatisch einen Prozess in Gang, der zur Problemlösung führt (Baraldi/Corsi/Esposito 1997: 39)? Müssen dazu nicht vielleicht doch bestimmte Annahmen gemacht oder genauer: ausgeschlossen werden?

## Das Grundmodell doppelter Kontingenz

Der erste Schritt zeigt nun das allgemeine Simulationsmodell zur Situation doppelter Kontingenz. Die Hauptmerkmale dieses Grund-Modells liegen in den basalen Vorgaben durch Luhmann selbst: Dyadische Konstellation, gegenseitige Undurchschaubarkeit, Unberechenbarkeit und Indeterminierbarkeit, Bedürfnis nach Erwartungssicherheit, keinerlei externe (etwa normativen) Vorgaben.

### *Wie wird eine Aktion ausgewählt?*

Unser Modell besteht dementsprechend aus zwei Agenten (Agent A/Agent B), die miteinander in Aktion treten (man könnte auch sagen: miteinander kommunizieren, denn die Agenten informieren sich anhand von Zeichen, die mitgeteilt und auch von dem anderen Agenten „verstanden“ werden). Jedem Agenten steht die gleiche Anzahl *N* verschiedener Zeichen zur Verfügung. Diese Zeichen werden nacheinander einzeln und asynchron gesendet: Erst sendet Agent A, dann sendet Agent B, dann Agent A usw. Es besteht zwischen den Zeichen, die wir als Zahlen darstellen, keine apriori-Beziehung, Metrik oder Relation, eben weil wir diese Zeichen als Kommunikationsinhalte deuten.<sup>18</sup> Die Zeichen 1 und 2 sind ebenso verschieden wie 5 und 4711. Im Laufe einer Simulation können natürlich über die Art und Weise der Zeichenverwendung, der Aktionen (Kommunikationen), Beziehungen zwischen Zeichen entstehen, die sich z.B. als Strukturmuster deuten lassen.

### *Wie wird die Aktion selektiert?*

Nach welchen Prinzipien selektieren die Agenten die zu kommunizierenden Zeichen? Oder anders gefragt: Welche basalen Beweggründe bringen die Agenten zu ihren Handlungen? Hier bauen wir das Luhmann'sche Gedankengebäude ein erstes Mal weiter aus. Zunächst ist nach dem bisher Gesagten klar, dass (1) jeder Agent nicht nur die Reaktion des Anderen auf seine eigene Handlung möglichst genau vorhersagen können möchte<sup>19</sup>, sondern (2) eben auch in die Handlungswahl die Erwartungen *des Anderen* über seine eigenen Erwartungen *über den Anderen* mit einbezieht und auch darüber möglichst genauen Aufschluss erhalten möchte. Letzteres ist für Luhmann äußerst

---

18 Wir verzichten an dieser Stelle auf eine ausführliche Diskussion zum Thema „Kommunikation und Handlung“, weil dies für diese Simulation keinen relevanten Unterschied darstellt (vgl. aber zur Handlung als Umweltmanipulation den Beitrag von Papendick/Wellner sowie zur Kommunikation den Beitrag von Lorentzen/Nickles in diesem Band).

19 Dies wird normalerweise als „Erwartung ausbilden“ bezeichnet: „Die Form, in der ein individuelles psychisches System sich der Kontingenz seiner Umwelt aussetzt, kann in ganz allgemeiner Weise als *Erwartung* bezeichnet werden. [...] Bezogen auf psychische Systeme verstehen wir unter Erwartung eine Orientierungsform, mit der das System die Kontingenz seiner Umwelt in Beziehung auf sich selbst abtastet und als eigene Ungewissheit in den Prozess autopoietischer Reproduktion übernimmt.“ (Luhmann 1984: 362, Herv.i.O.)

relevant sowohl für die Entstehung sozialer Strukturen<sup>20</sup> als auch für die Verortung seiner eigenen Person im soziologischen Diskurs.<sup>21</sup> Wir unterscheiden hier deshalb zunächst (zu 1) die *Zukunftssicherheit ZS* von (zu 2) der *Erwartungserwartung EE*. Damit verfolgt jeder Agent zwei unterschiedliche Ziele.

Bei Luhmann findet sich leider keine Stelle, an der deutlich würde, wie die verschiedenen Handlungsalternativen entlang der Ziele Zukunftssicherheit und Erwartungserwartung bewertet werden. Wenn also Luhmann (1984: 397) behauptet, soziale Strukturen seien nichts anderes als Erwartungsstrukturen, so ist diese Formulierung ein Beispiel für die in seinem Werk oft anzutreffenden Ungenauigkeiten. Klar ist nur: „Erwartung entsteht durch Einschränkung des Möglichkeitsspielraums. Sie ist letztlich nichts anderes als diese Einschränkung selbst.“ (Luhmann 1984: 397) D.h., über die Reduktion des Möglichkeitsspielraums als Leistungen der Akteure werden Erwartungen aufgebaut. So wird aber z.B. nicht deutlich, inwieweit Erwartungen Elemente oder Momente sozialer *und/oder* psychischer Systeme sind. Würde man Erwartungen als Gedanken interpretieren, wären sie ausschließlich Elemente psychischer Systeme (Beermann 1993: 243f.). Bei der Modellbildung für die Simulation fallen derartige Ungenauigkeiten allerdings oftmals auf: „Der Zwang zur Präzision bei der Erstellung eines Simulationsprogramms äußert sich vor allem in der Notwendigkeit, alle theoretischen Annahmen explizit angeben zu müssen. Diese Notwendigkeit führt bei jeder Programmierung einer Simulation zur Entdeckung von Wissenslücken. Diese Wissenslücken werden meist über plausibel erscheinende, meist neue theoretische Annahmen überbrückt. Sehr häufig stellt man fest, dass die von einer Theorie behaupteten Konsequenzen nur beim Vorliegen bestimmter dieser bisher nicht explizit genannten zusätzlichen Annahmen auftreten und selbst dann nur bei bestimmten Parameterwerten. Gerade der Aspekt der notwendigen Explizierung impliziter Annahmen ist einer der größten Vorteile von Simulationen.“ (Schnell 1990: 118)

### *Möglichkeiten zur Bewertung der Handlungswahl*

Auch in unserem Fall *müssen* wir genauere Unterscheidungen treffen, als es die Theorie vorgibt, denn sonst „laufen“ die Simulationen nicht. Wir gehen deshalb davon aus, dass es prinzipiell drei Möglichkeiten zur Bewertung der Handlungswahl (wir nennen diese Bewertung einer Handlungsalternative ihren *Aktionswert AW*) gibt:

- 
- 20 „Soziale Relevanz und damit Eignung als Struktur sozialer Systeme gewinnen Erwartungen aber nur, wenn sie ihrerseits erwartet werden können. Nur so lassen sich Situationen mit doppelter Kontingenz ordnen.“ (Luhmann 1984: 411f.)
  - 21 „An Analysen dieses Phänomens [der Notwendigkeit von Erwartungserwartungen] fehlt es nicht; jedoch ist mir kein Autor bekannt, der explizit die These vertreten hätte, dass ohne reflexives Erwarten die Bildung sozialer Strukturen nicht möglich wäre.“ (Luhmann 1984: 411, Fn. 65)

1. Maximiere die Zukunftssicherheit!  
In diesem Fall entspricht der Aktionswert der Zukunftssicherheit, die eine bestimmte Handlungsalternative verspricht.
2. Maximiere die Erwartungserwartung!  
In diesem Fall ist der Aktionswert einer Handlungsalternative die Wahrscheinlichkeit, mit der Alter diese Handlung von Ego erwartet.
3. Verknüpfe – etwa mittels einer gewichteten Summe – und maximiere das Verhältnis von Zukunftssicherheit und Erwartungserwartung (*EE-ZS-Verhältnis*)!  
Dieser Fall enthält eigentlich auch die beiden anderen Fälle. Wenn nämlich eines der beiden Gewichte in der gewichteten Summe Null ist, erhält man Fall (1) bzw. Fall (2).

Gleich welche Regel die Agenten befolgen, auf der Basis der resultierenden Aktionswerte wird dann die Handlung ausgewählt. Je größer der Aktionswert einer Handlungsalternative dabei ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Handlungsalternative von dem Agenten gewählt wird. Unklar bleibt bei Luhmann, wie stark die Rolle des Zufalls ist, weshalb wir die Aktionen-Selektion vom Prinzip der Maximierung bis zum Prinzip der Zufälligkeit in den Simulationen erproben. Wir werden zeigen, dass dieser Parameter einen erheblichen Einfluss auf die Strukturbildung hat.

#### Algorithmus für die Handlungswahl

Im Folgenden wird der Algorithmus für die Handlungswahl beschrieben. Es gibt  $N$  Handlungsalternativen, die wir mit den Zahlen 1 bis  $N$  bezeichnen.  $i$  steht im Folgenden für eine Zahl zwischen 1 und  $N$  und bezeichnet so eine Handlungsalternative. Wir schreiben dafür  $i \in S, S = \{1, \dots, N\}$ .  $S$  ist dabei die Menge aller Handlungsalternativen. Der Algorithmus berechnet zunächst für jede Handlungsalternative  $i$  einen Wert für die Erwartungserwartung  $w_{EE}^i$  und die Zukunftssicherheit  $w_{ZS}^i$ . Beide Werte werden zu dem Aktionswert  $w_{AW}^i$  verknüpft. Auf der Grundlage der Aktionswerte wird dann die Handlungsalternative ausgewählt, wobei gilt, je größer ein Aktionswert ist, desto größer die Wahrscheinlichkeit, dass die entsprechende Handlungsalternative ausgewählt wird. Neben der Festlegung des *EE-ZS-Verhältnisses*  $\alpha$  müssen wir auch das Problem lösen, dass Luhmann keine Angaben einer Selektionsmethode macht. Deshalb werden wir drei Methoden untersuchen, die dem Zufall mehr oder weniger Raum geben.

Der Algorithmus für die Handlungswahl lautet nun:

- (1) Berechne für jede Handlungsalternative  $i \in S, S = \{1, \dots, N\}$ :
  - (a) Erwartungserwartung  $w_{EE}^i = \text{lookup}(M_{\text{ego}}, m_{\text{received}}, i)$ . An dieser Stelle wird die Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der Alter die Aktion  $i$  von Ego erwartet. Der Wert wird durch einen Zugriff auf das Gedächtnis (*Memory*)  $M_{\text{ego}}$  ermittelt, das die Reaktionen von Ego auf Alters Aktionen

gespeichert hat. Die letzte Aktion von Alter, auf die Ego reagieren muss, ist  $m_{received}$ .

(b) Zukunftssicherheit  $w_{ZS}^i = f_{certainty}(lookup(M_{alter}, i))$ . Die Zukunftssicherheit wird mit Hilfe der Funktion  $f_{certainty}$  gemessen, die einen durch Zugriff auf das Gedächtnis (Memory)  $M_{alter}$  (zuständig für die Speicherung der Reaktionen Alters auf Egos Aktionen) ermittelten Vektor  $(p_1, \dots, p_n) = lookup(M_{alter}, i)$  als Eingabe erhält. Das Element  $p_j$  dieses Vektors gibt die geschätzte Wahrscheinlichkeit für die Reaktion  $j$  von Alter auf Egos potenzielle Aktion  $i$  an.

(c) Aktionswert  $w_{AW}^i = f(w_{EE}^i, w_{ZS}^i)$ . Erwartungserwartung  $w_{EE}^i$  und Zukunftssicherheit  $w_{ZS}^i$  werden mit Hilfe einer Funktion  $f: R \times R \rightarrow R$  zu dem Aktionswert  $w_{AW}^i$  zusammengeführt. Für unsere Untersuchung verwenden wir dazu folgende Funktion:

$$f(EE, ZS) = (1 - \alpha)EE + \alpha ZS + \frac{c_f}{N}$$

Auf diese Weise können wir über die Variation von  $\alpha$  untersuchen, welche Auswirkung das EE-ZS-Verhältnis für die Strukturbildung hat. Die Konstante  $c_f$  verhindert, dass der Aktionswert Null und bei kleinen Aktionswerten sicher gehandelt wird.<sup>22</sup>

(2) **Selektiere die Aktion auf der Basis der Aktionswerte  $w_{AW}^i$ :** Eine Aktion wird umso wahrscheinlicher selektiert, je höher der Aktionswert ist. Um eine Aktion auszuwählen, verwenden wir alternativ drei Selektionsmethoden:

- **Maximierende Selektion:** Wähle die Handlung  $i$  mit maximalen Aktionswert  $w_{AW}^i$ .
- **Proportionale Selektion:** Wähle eine Handlung  $i$  zufällig, so dass die Wahrscheinlichkeit der Wahl der Alternative  $i$  proportional zum Aktionswert  $w_{AW}^i$  ist.
- **Quadratische Selektion:** Wähle eine Handlung  $i$  zufällig, so dass die Wahrscheinlichkeit der Wahl der Alternative  $i$  proportional zum Quadrat des Aktionswertes  $w_{AW}^i$  ist.

Mit Hilfe der Selektionsfunktion  $g: R^N \rightarrow R^N$  kann auf recht elegante Weise die Selektionsmethode parametrisiert werden:

<sup>22</sup> Das Problem ist, dass ohne diese Konstante ein Aktionswert Null oder sehr klein werden kann. In diesem Fall würden die anderen Aktionswerte durch die Normierung unverhältnismäßig hoch bewertet werden mit dem Ergebnis, dass kleinste Differenzen ein großes Gewicht in der Aktionsselektion erhalten. Je größer  $c_f$  gewählt wird, desto größer müssen ZS und EE sein, um Entscheidungsrelevanz auszuüben (das gilt nicht für die maximierende Selektion, da es dort keine Rolle spielt, um wie viel größer ein Aktionswert gegenüber einem anderen ist).



$$g(w) = \text{normalize}((w_1^\gamma, \dots, w_N^\gamma)), w = (w_1, \dots, w_N)$$

Wir wenden dazu die Selektionsfunktion  $\gamma$  auf die Aktionswerte an und führen dann eine proportionale Selektion bezüglich der resultierenden Werte durch.  $\gamma = 1$  entspricht der proportionalen Selektionsmethode; bei  $\gamma = 2$  wird die quadratische Selektion bevorzugt und  $\gamma = \infty$  entspricht der maximierenden Selektion. Wir sehen also, dass die quadratische Selektion zwischen proportionaler und maximierender Selektion liegt. Dieser Algorithmus für die Handlungswahl mag vielleicht an einigen Stellen Assoziationen zu bereits in der Soziologie bekannten Modellen der Handlungsselektion hervor rufen. So könnte die Tatsache, dass Wahrscheinlichkeiten berechnet werden oder dass es eine maximierende Selektionsregel gibt, z.B. an das Rational-Choice-Modell der subjektiv bestimmten und zur Handlungsselektion verwendeten Erwartungswerte (SEU) erinnern. Wie bereits oben erwähnt haben wir in unserem Modell – und das gilt auch für den Algorithmus der Handlungswahl – keinen Pay-Off vorgesehen, an die die Wahrscheinlichkeiten gebunden sind. Es fehlt im Gegensatz zum SEU-Modell die subjektive Bewertung der durch die Handlungsalternativen ausgelösten möglichen Folgen. Letztere fehlen ebenfalls. Dass wir ferner eine maximierende Selektionsmethode eingefügt haben, ist einzig und allein eine Entscheidung des Experiment-Designs. Die Theorie Luhmanns gibt nämlich nur vor, dass Zufall ein wichtiger Einfluss bei der Selektion der Aktionen ist, nicht aber, wie stark dieser Zufall ist/sein kann/sein soll/sein müsste. Wir variieren in unseren Experimenten den Zufall von völlig zufällig bis deterministisch; für Letzteres benötigen wir die maximierende Selektion. Zufall modelliert die Summe aller Umwägbarkeiten, Ungenauigkeiten bei der Situationsdefinition, z.B. bei der Wahrnehmung sowie nicht explizit modellierten Einflüsse.

#### *Wie werden Ereignisse gespeichert?*

Jeder Agent behält und vergisst bereits stattgefundene Ereignisse. Dazu verfügt er über ein Gedächtnis, das als unabdingbarer Bestandteil des Modells zur Bestimmung der Zukunftssicherheit und Erwartungserwartung benötigt wird. Die Funktionen des Gedächtnisses sind (1) Erinnern und (2) Vergessen.

##### *(1) Erinnern*

Das von uns verwendete Gedächtnismodul eines Agenten besteht aus zwei gleichen Komponenten: die eine Komponente  $M_{ego}$  speichert die eigene Handlung als Reaktion auf die Handlung des Anderen. Die andere Komponente  $M_{alter}$  speichert die Reaktion des Anderen auf eine eigens durchgeführte Handlung. Ein gespeichertes Ereignis ist in unserem Modell eine Zahlenkombination, also etwa  $(a, b)$ , wobei  $a \in S$  eine Handlung und  $b$  die Reaktion auf die Handlung  $a$  repräsentiert. Die Operation *memorize* als Teil des Gedächtnismoduls sorgt dafür, dass ein neues Ereignis einer Gedächtniskomponente

hinzugefügt wird (*memorize* :  $Memory \times S \times S \rightarrow Memory$ ). Die Operation *lookup* gibt die geschätzte Wahrscheinlichkeit der Zahlenkombination auf Grund der bereits gespeicherten Kombinationen aus, also z.B. die Wahrscheinlichkeit, dass  $b$  auf die Handlung  $a$  folgt (*lookup* :  $Memory \times S \times S \rightarrow [0,1]$ ). Die Ausgabe ist normiert, so dass für alle  $a \in S$  gilt:

$$\sum_{b=1}^n \text{lookup}(M_{ego}, a, b) = 1, \quad \sum_{b=1}^n \text{lookup}(M_{alter}, a, b) = 1$$

Um den Zugriff auf eine Gedächtniskomponente  $M$  zu erleichtern, definieren wir eine Funktion, die eine ganze „Zeile“ liefert:

$$\text{lookup}(M, a) = (\text{lookup}(M, a, 1), \dots, \text{lookup}(M, a, N)).$$

Das Ergebnis von *lookup*( $M, a$ ) ist also ein Vektor, der die relativen Häufigkeiten der Reaktionen auf  $a$  schätzt.

## (2) Vergessen

Wir benutzen für die folgenden Simulationen ein Gedächtnis mit einer *linear degenerierenden Erinnerung*, d.h. sobald die Gedächtnisspeicherkapazität ausgeschöpft ist, wird das älteste Ereignis gelöscht. Gespeichert werden die letzten  $n_{mem}$  Ereignisse (Paare der Form  $[a, b]$ ); kommt ein neues Paar hinzu, wird das älteste Paar gelöscht. Alle Paare haben bei der Wahrscheinlichkeitsabschätzung eine unterschiedliche Gewichtung, abhängig von ihrem Alter, d.h., die Gewichtung nimmt linear mit ihrem Alter ab. So hat das jüngste Paar ein Gewicht von 1, das älteste Paar ein Gewicht von  $1/n_{mem}$ .  $n_{mem}$  ist die Gedächtnisgröße.

Wir definieren nun konkret die Funktionen für eine Gedächtniskomponente  $M$ : Technisch sehen wir dafür vor, dass die Aktionen-Paare  $(a, b)$  in einer zwispaltigen Tabelle gespeichert werden. Die Spalten bezeichnen wir mit  $A$  bzw.  $B$  und einen Eintrag in einer Spalte in der Zeile  $t$  mit  $A[t]$  bzw.  $B[t]$ .

- *memorize*( $M, a, b$ )

Das Wertepaar wird in die Tabelle geschrieben:  $A[t] := a$ ;  $B[t] := b$ . Dabei bezeichnet  $t$  den aktuellen Zeitpunkt.

- *lookup*( $M, a, b$ )

(a) Berechne die Memory-Matrix ( $m_{a,b}$ ):

$$m_{a,b} = \frac{c_M}{N} + \sum_{i=t-n_{mem}}^t \frac{n_{mem}-i+t}{n_{mem}} \begin{cases} 1 & \text{falls } A[i]=a \text{ und } B[i]=b, \\ 0 & \text{in jedem anderem Fall.} \end{cases}$$

Diese Formel berechnet den Eintrag der Memory-Matrix in Zeile  $a$ , Spalte  $b$ . Es werden nur die letzten  $n_{mem}$  Einträge berücksichtigt.  $c_M$  ist ein konstanter Parameter (s.u.). Der Bruch innerhalb der Summe beschreibt das lineare Vergessen.

(b) Das Ergebnis ist der normalisierte Eintrag der Memory-Matrix für  $(a, b)$ :

$$\text{lookup}(M, a, b) = \frac{m_{a,b}}{\sum_{b=1}^N m_{a,b}}$$

Auch an dieser Stelle wird wieder ein konstanter Summand verwendet, dessen Größe über die Konstante  $c_M$  eingestellt wird und der umgekehrt proportional mit  $N$  skaliert. Dieser Summand wird einerseits benötigt um zu verhindern, dass die Zeilensumme Null werden kann. Andererseits können so viele Einträge in einer Zeile zu einer höheren Zukunftssicherheit  $ZS$  führen als wenige Einträge in einer Zeile bei gleicher Relation.

*Wie werden Erwartungen über die zukünftigen Ereignisse aufgebaut?*

Beide Agenten sind indirekt darum bemüht, einen Zustand zu erreichen, der eine möglichst genaue Vorhersage der kommenden Aktionsereignisse erlaubt. Dazu führen wir den Begriff *Certainty* ein, der eine Abschätzung der Sicherheit für ihre Zukunftserwartungen erlaubt. Zur Berechnung der *Certainty* für eine potenzielle Handlung  $a$  benötigen wir eine Funktion  $f_{\text{certainty}}: R^N \rightarrow [0,1]$ . Diese Funktion erhält als Eingabe einen Vektor  $v = (v_p, \dots, v_n)$ . Ein Element  $v_b$  des Vektors gibt die geschätzte Wahrscheinlichkeit dafür an, dass auf  $a$  die Aktion  $b$  folgt. Die Agenten erzeugen diesen Vektor  $v$  jeweils mit Hilfe ihres Gedächtnisses (*Memory*) über die Funktion *lookup*.

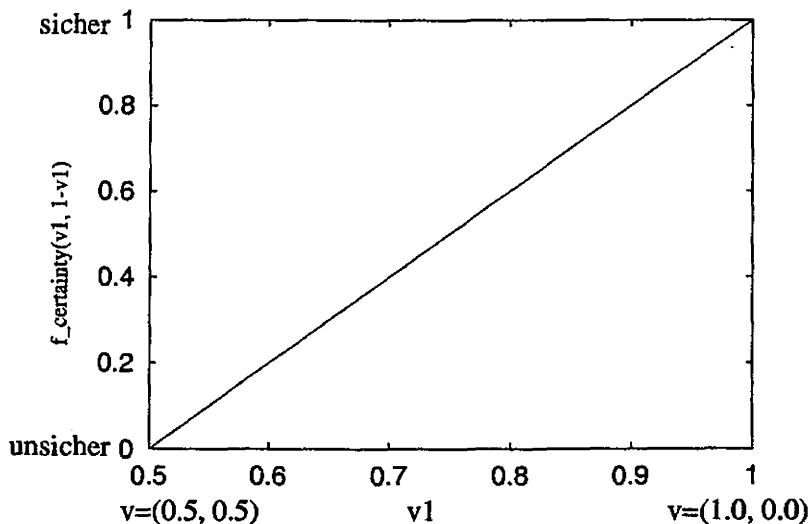
Es gibt viele Möglichkeiten, die Funktion zu definieren. Wichtig dabei ist nur, dass beispielsweise  $f_{\text{certainty}}(0.25, 0.25, 0.25, 0.25)$  kleiner als  $f_{\text{certainty}}(0.1, 0.1, 0.8, 0)$  und dies wiederum kleiner als  $f_{\text{certainty}}(1.0, 0.0)$  ist. Denn die erste Situation ist am unsichersten und die Letzte am sichersten. Bei unseren Untersuchungen in diesem Beitrag verwenden wir eine leicht veränderte Form der Standardabweichung:

$$f_{\text{certainty}}(v) = \sqrt{\frac{N}{N-1} \sum_{b=1}^N \left( \frac{1}{N} - v_b \right)^2}$$

Diese Funktion liefert einen Wert zwischen Null und Eins und ermöglicht über diese Skalierung eine Kompatibilität mit dem ebenfalls zwischen 0 und 1 liegenden Wahrscheinlichkeitswert der Erwartungserwartung  $EE$ . Die folgende Abbildung zeigt für den Fall  $N = 2$ , wie sich die *Certainty* verhält.

Abbildung 1: Graph der Certaintyfunktion  $f_{\text{certainty}}$  für  $N=2$ .

Obwohl es sich für  $N=2$  um eine zwei-dimensionale Funktion handelt, genügt es, sie in einer Dimension zu plotten, weil hier immer  $v_1 + v_2 = 1$  gilt. Dargestellt ist also  $f_{\text{certainty}}(v_1, 1-v_1)$  über  $v_1$ .



Die *Certainty* ist ein von uns eingeführtes Sicherheitsmaß. Dies gilt aber *nicht* im Sinne von Wahrscheinlichkeiten, wenngleich in dem Vektor  $v$  geschätzte Wahrscheinlichkeiten verarbeitet werden. Vielmehr erhalten die Agenten über die *Certainty* einen Wert für die *Zustandsgewissheit zukünftiger Ereignisse*. Sie „fühlen“ sich subjektiv (un)sicher, ohne dass diese (Un-)Sicherheit mit Wissen um die Situation fundiert wäre. Eine geringe Zustandsgewissheit haben die Agenten demnach zum Beispiel dann, wenn zwei Ereignisse mit der gleichen Wahrscheinlichkeit möglich sind ( $f_{\text{certainty}}$  von  $[0.5, 0.5]$  ist in diesem Fall Null). Hier herrscht totale Kontingenz. Das andere Extrem ist dann der Fall, wenn von zwei möglichen Ereignissen eins mit 100%iger Wahrscheinlichkeit auftreten wird; hier ist  $f_{\text{certainty}}$  von  $(1.0, 0.0) = 1$ .

### Simulationsverlauf

Eine „typisches“ Simulationsexperiment läuft nun folgendermaßen ab: Agent A und Agent B, beide in ihren grundsätzlichen Parameter-Einstellungen in unserer Simulation identisch, treffen aufeinander. Beide gehen mit keinerlei strukturiertem Wissen in diese Situation, d.h., ihr Gedächtnis ist mit zufälligen Ereignissen gefüllt. Auch  $m_{\text{received}}$  erhält bei einem zufälligen Wert.<sup>23</sup>

23 Das bedeutet, dass Agent A am Anfang auf eine zufällig ausgewählte Aktion, von der er

Agent A beginnt und wählt mit Hilfe des oben beschriebenen Algorithmus eine Aktion aus. Diese wird am Anfang praktisch zufällig ausgewählt, da die Einschätzungen für die Erwartungserwartung und Zukunftssicherheit noch nicht auf bereits gemachten Beobachtungen beruhen können. Dann reagiert Agent B, indem er seinerseits mit Hilfe des oben beschriebenen Algorithmus eine Aktion auswählt. Dabei merkt sich jeder Agent zum Einen mit welcher Aktion  $b$  er selbst auf die Aktion  $a$  des Anderen reagiert hat ( $memorize(M_{ego}, a, b)$ ) und zum Anderen, mit welcher Aktion  $b$  der Andere auf die eigene Aktion  $a$  reagiert hat ( $memorize(M_{alter}, a, b)$ ). Am Ende eines so genannten Simulationsschrittes wird der Zeitzähler  $t$  um Eins erhöht ( $t := t + 1$ ). Ein *Simulationsschritt* umfasst also eine Aktion von Agent A und eine Aktion von Agent B. Wir verwenden „Simulationsschritt“ als Maßeinheit für die Zeit. Typische Simulationen umfassen 100 bis 1000 Simulationsschritte.

### Beispiel mit einem kleinen Gedächtnis

Wir zeigen nun ein Beispiel für folgende Parameter: *EE-ZS-Verhältnis*  $\alpha = 0.5$ , Anzahl der Aktionen  $N = 2$ , Selektionsmodus: proportionale Selektion, Gedächtnisgröße  $n_{mem} = 3$ , Konstante für die Memory-Matrix  $c_M = 2$ . Wir beginnen mit dem Startzustand von Agent A:

Agent A:

lastReceivedMessage: 1

myLastMessage: 0

EgoMemory  $M_{ego}$ :

a: 1 0 1

b: 0 1 1

EgoMemoryMatrix:

0.375000 0.625000

0.400000 0.600000

AlterMemory  $M_{alter}$ :

a: 1 1 1

b: 1 0 1

AlterMemoryMatrix:

0.500000 0.500000

0.416667 0.583333

In „lastReceivedMessage“ speichert der Agent die letzte Aktion des Anderen, oder anders gesagt, die letzte Information, die er von dem anderen Agenten erhalten hat. In „myLastMessage“ speichert der Agent seine im vorhergehenden Schritt ausgeführte Aktion. Am Anfang der Simulation werden diese beiden Variablen zufällig initialisiert. Als Nächstes ist das Memory  $M_{ego}$  dar-

---

annimmt, dass sie von B stammt, reagiert. Aus der Sicht von B wird dann aber die Variable  $m_{received}$  auf die Aktion von A gesetzt, so dass die zufällige Initialisierung von  $m_{received}$  am Anfang nur für Agent A bedeutsam ist.

gestellt, in dem der Agent A seine eigenen Reaktionen auf die Aktionen des Agenten B speichert und das ebenfalls mit zufälligen Werten initialisiert ist. Die obere Zeile „a“ zeigt die Aktion des Agenten B und die untere Zeile die Reaktion des Agenten A. Aus diesen Paaren wird die Memory-Matrix berechnet. Dabei ist zu beachten, dass Erinnerungen linear degenerieren. Das heißt, dass der älteste Eintrag (ganz links) (1,0) ein Gewicht von  $1/3$ , der Eintrag (0,1) ein Gewicht von  $2/3$  und der Eintrag (1,1) ein Gewicht von  $3/3$  besitzt. Bei der Berechnung der Memory-Matrix wird dann noch ein konstanter Wert addiert. Und zwar  $c_m/n = 1$ . Wir erhalten somit als Zwischenergebnis die nicht-normierte Memory-Matrix:

```
1+2/3  1
1+1/3  1+3/3
```

Diese Matrix zeilenweise normiert ergibt obige Memory-Matrix. Gleiches gilt für das Memory  $M_{alter}$ , in dem Agent A die Reaktionen von Agent B auf seine eigene Aktion speichert. Der Anfangszustand des Agenten B ist:

Agent B:

lastReceivedMessage: 0

myLastMessage: 0

EgoMemory:

```
0 1 1
0 0 0
```

EgoMemoryMatrix:

```
0.571429  0.428571
0.727273  0.272727
```

AlterMemory:

```
0 1 0
1 1 1
```

AlterMemoryMatrix:

```
0.300000  0.700000
0.375000  0.625000
```

Nun beschreiben wir den ersten Simulationsschritt: Agent A bestimmt seine Aktion. Dazu berechnet er für beide Aktionsalternativen:

(1) Zukunftssicherheit

```
0.400000      0.600000
```

(2) Erwartungserwartung

```
0.000000      0.166667
```

(3) Aktionswert mittels  $0.5 x_1 + 0.5 x_2 + c_i/N$

```
0.210000      0.393333fi
```

(4) Normierter Aktionswert

```
0.348066      0.651934
```

Jetzt erfolgt eine proportional zufällige Selektion der Aktion auf der Basis der Aktionswerte, d.h., dass mit ca. 35%iger Wahrscheinlichkeit Aktion 0, mit ca. 65%iger Wahrscheinlichkeit Aktion 1 gewählt wird. Tatsächlich wählt der Agent auch Aktion 1 mit den Folgen:

Agent A:

myLastMessage := 1

$M_{ego} := \text{memorize}(M_{ego}, 1, 1)$

Agent B muss nun an die Aktion 1 von Agent A anschließen und speichert dazu zunächst, was er beobachtet hat:

Agent B:

lastReceivedMessage := 1

$M_{alter} := \text{memorize}(M_{alter}, 1, 1)$

Dann bestimmt Agent B seine Aktion und berechnet dazu:

- |                            |          |            |
|----------------------------|----------|------------|
| (1) Zukunftssicherheit     | 0.727273 | 0.272727   |
| (2) Erwartungserwartung    | 0.454545 | 0.142857   |
| (3) Aktionswert            | 0.600909 | 0.217792fi |
| (4) Normierter Aktionswert | 0.733978 | 0.266022   |

Die zufällig proportionale Selektion führt in diesem Fall zur Aktion 0. Dies merkt sich B in seiner Ego-Memory-Matrix (lastReceivedMessage, 0):

Agent B:

myLastMessage := 0

$M_{ego} := \text{memorize}(M_{ego}, 1, 0)$

Agent A beobachtet die Aktion B und speichert diese Beobachtung wie folgt:

Agent A:

lastReceivedMessage := 0

$M_{alter} := \text{memorize}(M_{alter}, 1, 0)$

Damit ist der erste Simulationsschritt beendet. Der neue Agentenstatus sieht aus wie folgt:

Agent A:

lastReceivedMessage: 0

myLastMessage: 1

EgoMemory:

0 1 1

1 1 1

EgoMemoryMatrix:

0.428571 0.571429

0.272727 0.727273

AlterMemory:

a: 1 1 1

b: 0 1 0

AlterMemoryMatrix:

0.500000 0.500000

0.583333 0.416667

Agent B:

lastReceivedMessage: 1

myLastMessage: 0

EgoMemory:

a: 1 1 1

b: 0 0 0

EgoMemoryMatrix:

0.500000 0.500000

0.750000 0.250000

AlterMemory:

1 0 0

1 1 1

AlterMemoryMatrix:

0.272727 0.727273

0.428571 0.571429

Der neue Eintrag im Memory steht rechts, die alten Einträge rutschen eine Stelle nach links. Der älteste Eintrag (vorher ganz links) fällt heraus.

### Ergebnisse der Simulationsexperimente

Die Eigenschaften des Modells werden wir nun anhand von Simulationen untersuchen. Dabei variieren folgende Parameter:

- (1) die Anzahl der möglichen Aktionen  $N = \{2, 3, 10, 40, 80, 160\}$ .
- (2) Selektionsmethode: proportional, quadratisch, maximierend.
- (3) das EE-ZS-Verhältnis über  $\alpha \in \{1.0, 0.8, 0.5, 0.2, 0.0\}$ .
- (4) das Gedächtnis des Agenten, d.h., die Erinnerungs-Kapazität wird  $n_{mem} = 25, 50$  und  $100$  zu speichernde Ereignisse umfassen.

#### Auswirkungen der Anzahl der Aktionen

Wir beginnen mit der Untersuchung des Parameters  $N$ , der die Anzahl möglicher Handlungsalternativen bestimmt. Dies ist ein wesentlicher Punkt doppekontingenter Situationen, denn die Kontingenz entsteht ja theoretisch gerade auch deshalb, weil beide Akteure auf einen unbegrenzten oder zumindest großen Möglichkeitsspielraum (der Aktionen) zugreifen können. Die



Vorgabe der Kontingenz alleine zwingt nahezu dazu, auch eine große Zahl von Aktionsalternativen in den Simulationsexperimenten zu berücksichtigen. Aus einem soziologischen Alltagsverständnis heraus würde man vermuten, dass diese Kontingenz auch das Problematische der Situation ausmacht. Gleichwohl wird in der Vielfalt von Aktionsmöglichkeiten aber auch die Chance zur Strukturbildung vermutet: *Je größer nämlich der Möglichkeitsraum ist, desto größer ist die Reduktionsleistung der einzelnen Aktionsselektionen im Hinblick auf die Folgeaktionen.*

Für die daran anschließenden Simulationen haben wir  $\alpha$  mit 0.5 belegt. Das bedeutet, die Agenten berücksichtigen in ihrer Aktionsentscheidung zu gleichen Anteilen ihre Zukunftssicherheit (ZS) und die Erwartungserwartung (EE). Das Gedächtnis umfasst eine Kapazität von  $n_{mem}=50$  merkbaren Ereignissen. Der Selektionsmodus erfolgt proportional. Der Möglichkeitsraum der wählbaren Aktionen wird variiert, und zwar über:  $N = 2, 3, 10, 40, 80, 160$ .

Abbildung 2: Selektierte Aktionen für  $N = 2$ ,  $N = 3$ ,  $N = 10$

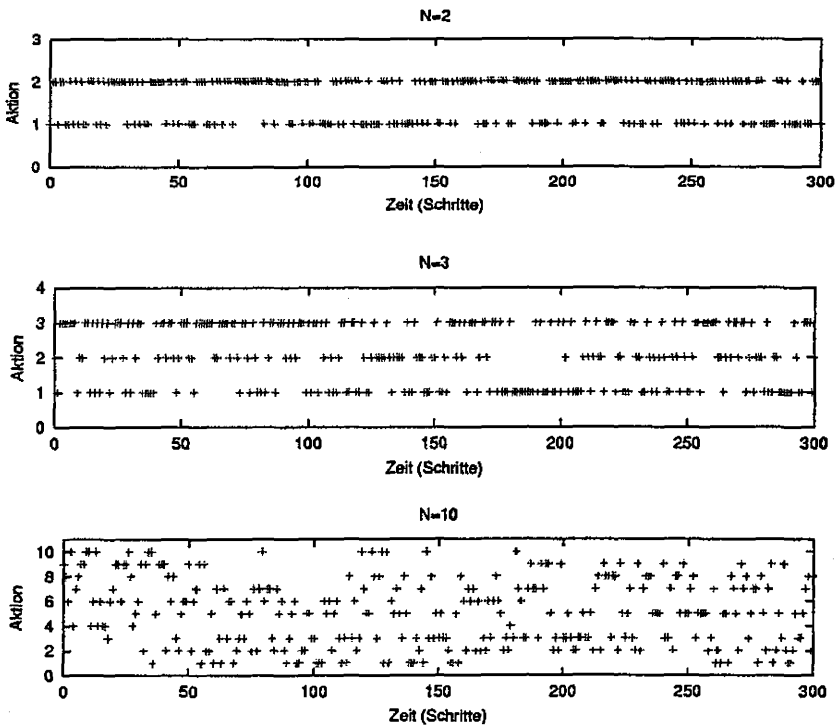


Abbildung 3: Selektierte Aktionen für N = 40

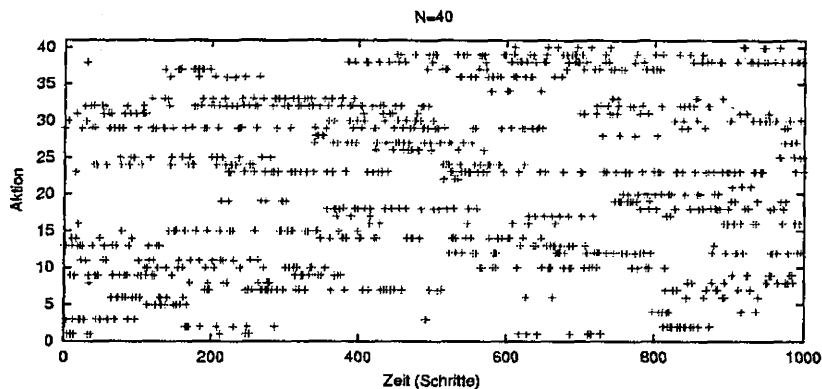


Abbildung 4: Selektierte Aktionen für N = 80

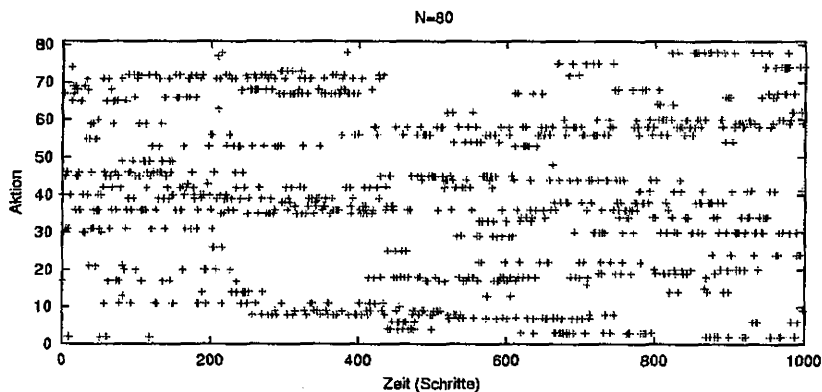
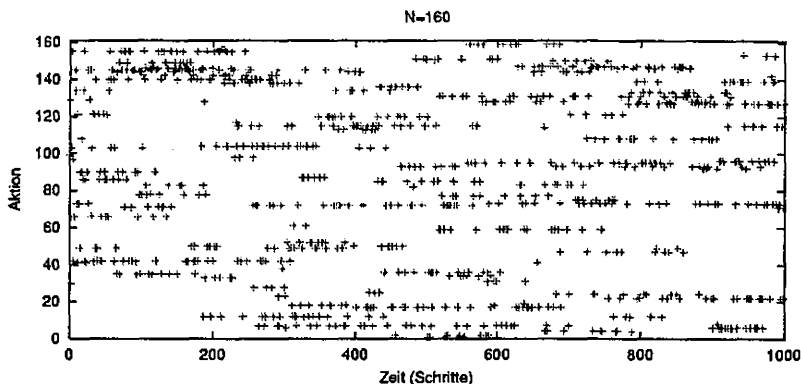


Abbildung 5: Selektierte Aktionen für  $N = 160$ 

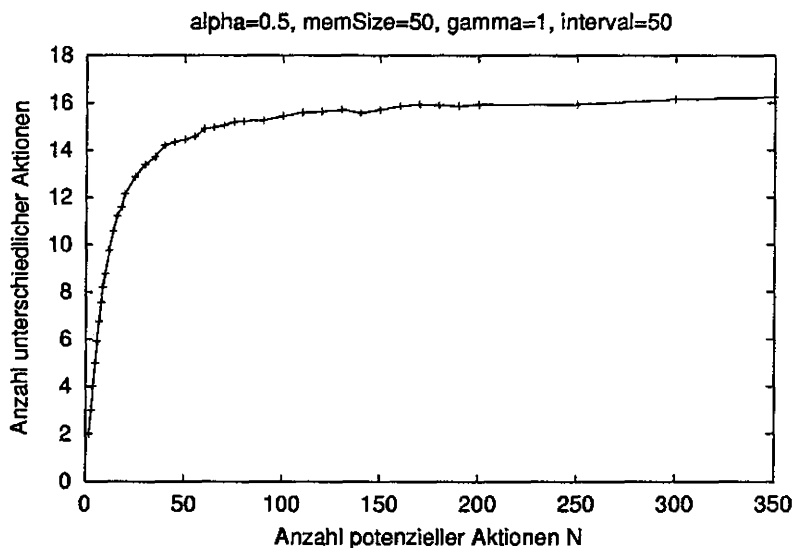
Die aufgeführten Abbildungen zeigen typische Simulationen für verschiedene  $N$ . Dargestellt sind die Aktionen, die ein Agent über die Zeit ausführt. Wir können sehen, dass mit der Erhöhung der Aktionsalternativen auch die Anzahl ausgewählter Aktionen innerhalb eines Zeitrahmens steigt. Wir formulieren deshalb folgende Hypothese: Mit der Erhöhung der Aktionsalternativen  $N$  nimmt die Eindeutigkeit der Selektion *einer bestimmten* Aktion ab.

Diese Hypothese wird belegt, wenn wir uns den maximalen Aktionswert ansehen. Der maximale Aktionswert beschreibt die Chance des Gewählterdens desjenigen Wertes mit der größten Selektionswahrscheinlichkeit. Diese Chance sinkt mit steigendem  $N$ . Das von Luhmann in Aussicht gestellte Phänomen der Strukturbildung durch Erhöhung des Kontingenzzraumes bei den möglichen Aktionsalternativen macht sich an dieser Stelle darin bemerkbar, dass bestimmte Aktionsalternativen bevorzugt ausgewählt werden, was deutlich in den Abbildungen zu sehen ist. Dies führt uns zu der zweiten Ergebnis-Hypothese: Mit der Erhöhung der Aktionsalternativen werden eher *bestimmte* Aktionsalternativen *über einen längeren Zeitraum* selektiert.

Wir können in den gezeigten Abbildungen das Entstehen temporärer Kombinationen beobachten, die jedoch nicht erhalten bleiben. Wenn wir uns also auf bestimmte Zeitschritte der Simulation beschränken und nicht den gesamten Simulationszeitraum im Durchschnitt betrachten, dann – und nur dann – finden wir Strukturbildung vor. Den Zusammenhang beider Ergebnis-Hypothesen verdeutlicht die *Certainty*, die Sicherheit vorhersagen zu können, was in der Zukunft passieren wird. Die *Certainty* bleibt im Durchschnitt unabhängig von  $N$  im Bereich von 15%. Man kann also sagen, die Agenten können nur unsichere Erwartungen ausbilden über das, was noch passieren wird, unabhängig von der ihnen zur Verfügung stehenden Anzahl von Aktionsmöglichkeiten. Allerdings sinkt die Streuung (Schwankung) der *Certainty*

mit der Erhöhung der Aktionsalternativen. Je mehr Letztere zur Verfügung stehen, desto weniger schwankt die Unsicherheit der Agenten. Oder umgekehrt: Je geringer die Selektionsleistung der Agenten ist, desto eher gibt es *kurze* Phasen sicherer Erwartungen über zukünftige Zustände. Die folgende Grafik fasst den Zusammenhang der Anzahl möglicher Aktionen und der durchschnittlichen Anzahl tatsächlich gewählter Aktionen noch einmal zusammen.

Abbildung 6: Aktionen über die Zeit für unterschiedliche  $N$ .



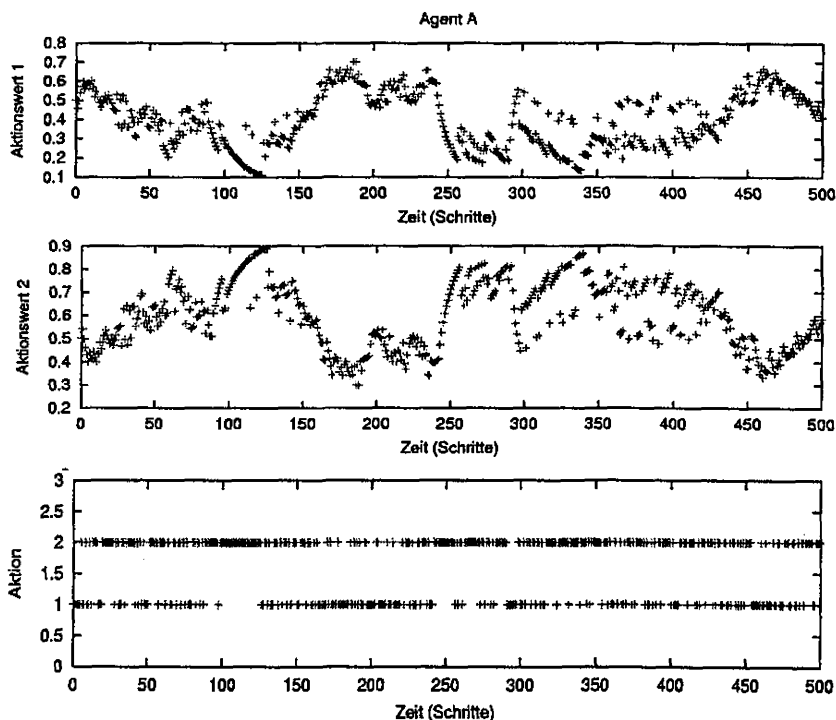
Ersichtlich ist, dass ab einer Größe des Kontingenzraumes von  $N = \sim 100$  die durchschnittliche Anzahl der tatsächlich selektierten Aktionen nicht mehr steigt. Wir vermuten hier einerseits Auswirkungen des Gedächtnisses, das nur 50 Ereignisse speichern kann. Andererseits ist hier aber auch ein Schwellenwert entstanden, der nicht ausschließlich auf das beschränkte Gedächtnis zurückführbar ist, sondern als steigende Reduktionsleistung der Agenten interpretiert werden kann. Das bedeutet, dass die Agenten in der Lage sind, auch bei steigender Komplexität der Entscheidungssituation eine bestimmte, nicht steigende Anzahl von Aktionen zu selektieren.

#### *Auswirkungen der Selektionsmethoden*

Eine wichtige Lücke in der Luhmann'schen Beschreibung doppelkontingenter Situationen entsteht dadurch, dass keine Entscheidungsregel und keine theoretische Fundierung einer solchen Regel angegeben wird, nach der Alter

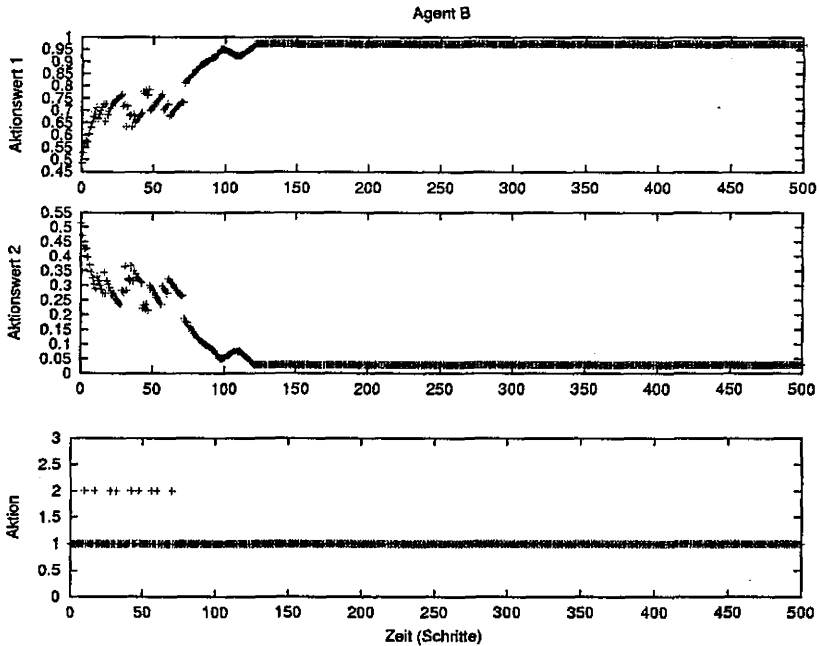
und Ego ihre Aktionswahl vornehmen (wir kommen darauf in der Diskussion zurück). Für das eben beschriebene Aktionen-Modell haben wir auf die proportionale Selektion zurück gegriffen, d.h.,  $\gamma$  wurde auf 1 gesetzt. Auf diese Weise erhält der Zufall eine große Durchschlagskraft. Die folgende Abbildung zeigt für diesen Fall, wie sich die Aktionswerte eines Agenten über die Zeit verhalten.

Abbildung 7: Proportionale Selektion.  $\alpha=0.5$ ,  $n_{\text{mem}}=50$ ,  $N=2$



Man sieht, dass die Aktionswerte stark schwanken. Die scheinbare Aufspaltung der Kurven ab Zeitschritt 300 rührt daher, dass Agent A während dieser Zeit zwei verschiedene Aktionen im raschen Wechsel durchführt, auf die Agent B unterschiedlich reagiert. Trotz der starken Schwankungen gibt es deutliche Phasen, in denen eine bestimmte Aktion bevorzugt wird, was unsere Folgerung des vorhergehenden Abschnittes stützt.

Reduzieren wir den Einfluss des Zufalls, indem wir die quadratische Selektion ( $\gamma=2$ ) einsetzen, so reduzieren sich deutlich die Schwankungen und es entwickelt sich sogar eine äußerst stabile Situation. Die nächste Abbildung zeigt eine typische Simulation für den Fall der quadratischen Selektion.

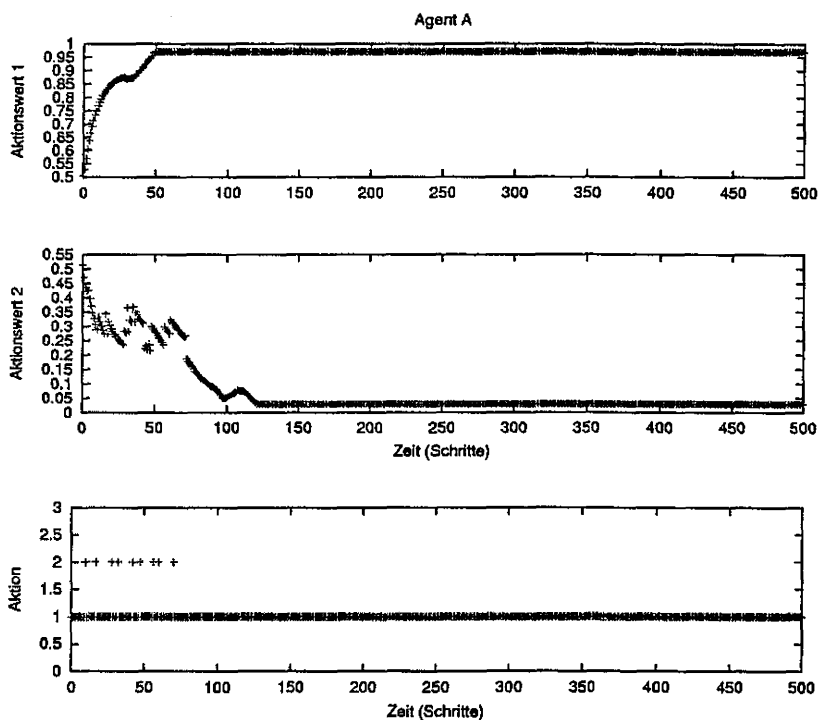
Abbildung 8: Quadratische Selektion.  $\alpha = 0.5$ ,  $n_{mem} = 50$ ,  $N = 2$ 

Wir sehen eine relativ komplexe Phase bis zum Zeitschritt 100. In dieser Phase sind auch Schwankungen zu erkennen. Allerdings ist die Handlungswahl eindeutiger als für die proportionale Selektion. Nach dieser so genannten transienten Phase tritt das System in einen äußerst stabilen Ordnungszustand ein, bei dem jeder Agent nur eine bestimmte Aktion durchführt. Dieser Ordnungszustand kann – wie wir in einigen wenigen Simulationsverläufen gesehen haben – manchmal noch gestört werden, da bei der quadratischen Selektion der Zufall noch im Spiel ist, und so ein Agent mit einer geringen Wahrscheinlichkeit von seiner Aktion abweichen kann. Eine solche Störung kann prinzipiell zwei Auswirkungen haben: (1) Das System wird kurzzeitig unruhig, stabilisiert sich aber wieder in dem ursprünglichen Zustand. (2) Eine Störung schaukelt sich auf, so dass schließlich das System sich in einem neuen Zustand („neue soziale Ordnung“) stabilisiert. Dies ist deshalb möglich, da nach einer ersten Störung, die relativ unwahrscheinlich ist, eine weitere Störung wahrscheinlicher wird.

Kommen wir zu der maximierenden Selektion. Diese zeigt – davon ausgehend, dass die Agenten jede noch so kleine Ungewissheitsreduktion nutzen und daran in ihre weiteren Aktionen anschließen –, dass quasi sofort ein sta-

biler Ordnungszustand entsteht. Anfangsschwierigkeiten entstehen nur bis zum vollendeten Aufbau des Gedächtnisses, danach wissen die Agenten, was zu tun ist. Eine typische Simulation mit maximierender Selektion zeigt diese Abbildung:

Abbildung 9: Maximierende Selektion.  $\alpha = 0.5$ ,  $n_{mem} = 50$ ,  $N = 2$



Sobald ein Aktionswert nur eine Spur größer als der andere ist, wird die entsprechende Aktion mit absoluter Sicherheit ausgewählt. Beobachtet man nur die Aktionen, so führt dies zu einer sofortigen einfachen Ordnung.

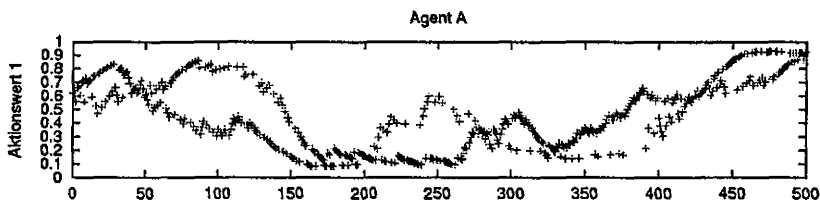
Wie groß die Lücke in der systemtheoretischen Beschreibung mit der Auslassung einer Selektionsanalyse ist, erkennt man daran, dass besonders bei der maximierenden Selektion alle anderen Variablen keinen Einfluss mehr besitzen. So ist es z.B. gleichgültig, ob die Agenten nur ihre Zukunftssicherheit (ZS) oder die Erwartungserwartung (EE) erfüllen wollen.

### Auswirkungen des EE-ZS-Verhältnisses

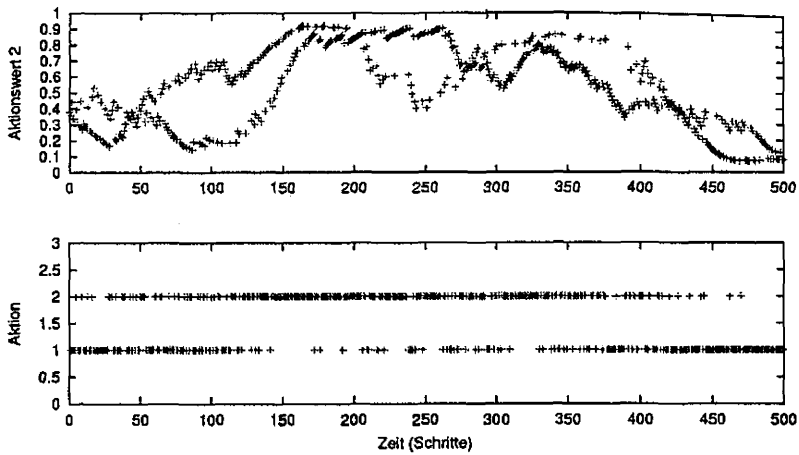
Wir haben oben bereits auf die mangelnde Unterscheidung zwischen Zukunftssicherheit (ZS) und Erwartungserwartung (EE) bei Luhmann hingewiesen. Er hat zwar mit seinem Hinweis, dass Alter nicht nur eigene Erwartungen über das zukünftige Verhalten von Ego anstellt, sondern auch dessen Erwartungen über das eigene Verhalten erwartet, einen belangvollen Hinweis über die Möglichkeiten der Strukturbildung gegeben. Allerdings hat er versäumt, uns über das Verhältnis von Zukunftssicherheit und Erwartungserwartung aufzuklären. Dieses Verhältnis steuern wir über den Parameter  $\alpha$ . Wenn  $\alpha = 1$ , wird die Zukunftssicherheit (ZS), wenn  $\alpha = 0$  wird die Erwartungserwartung (EE) maximal bei der Selektion der Aktion berücksichtigt. Das Verhältnis von Zukunftssicherheit und Erwartungserwartungen ist vor allem relevant für den Effekt von Erwartungen. Luhmann weist ja darauf hin, dass auf Grund von Erwartungen abweichendes Geschehen als Enttäuschung verstanden wird, die eine bestimmte Behandlung vorzeichnet. Auf Enttäuschungen muss man reagieren. Entweder man passt sich den Enttäuschungslagen an, d.h., man lernt (kognitiver Erwartungsstil); oder man hält an der Erwartung fest – trotz Enttäuschung (normativer Erwartungsstil). Auch dies tun unsere Agenten, je nach der Größe von  $\alpha$ : Bei  $\alpha = 0$  passen sich die Agenten den Enttäuschungslagen so weit wie es geht an, indem sie ihre eigene Erwartungen an die Erwartungen des Anderen knüpfen; bei  $\alpha = 1$  wird der eigene Weg (Maximierung der Zukunftssicherheit) ohne Rücksicht auf die Erwartungen des Anderen fortgesetzt.

Da im Ergebnis kaum Unterschiede zwischen  $\alpha = 0.2/0.5/0.8$  sichtbar werden, haben wir für alle Simulationen, in denen nicht das EE-ZS-Verhältnis variiert werden sollte,  $\alpha$  auf 0.5 gesetzt, d.h., Zukunftssicherheit und Erwartungserwartungen werden in gleichem Maße berücksichtigt. Die folgende Abbildung zeigt zunächst eine typische Simulation bei der die Agenten ausschließlich die Erwartungserwartung bei ihrer Entscheidung berücksichtigen ( $\alpha = 0$ ).

Abbildung 10: Auswirkung von Alpha bei  $\alpha = 0$

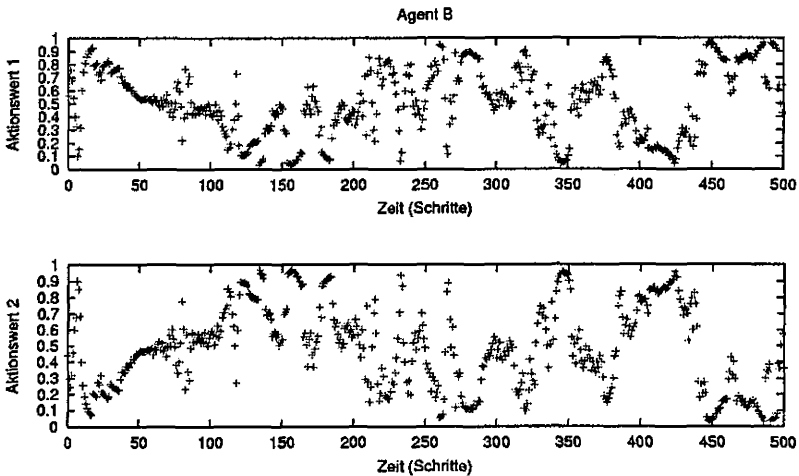


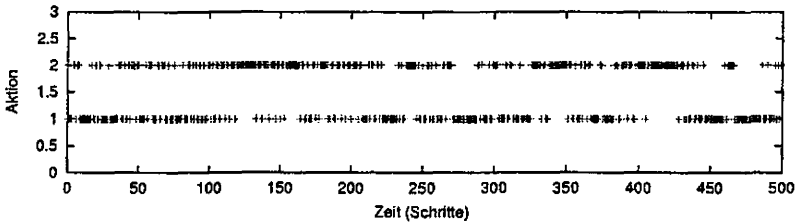




Man erkennt, dass die Ordnungsphasen relativ lang und ausgeprägt sind. Dagegen sehen wir für  $\alpha = 1$  heftige Fluktuationen der Aktionswerte.

Abbildung 11: Auswirkung von Alpha bei  $\alpha = 1$





Man könnte aus diesen Experimenten folgern, dass, wenn ein Agent eine hohe Zukunftssicherheit anstrebt, er nicht eine Aktion bezüglich seiner Einschätzung der Zukunftssicherheit dieser Aktion auswählen, sondern lieber die Erwartungen des Anderen erfüllen sollte. Dies führt – anscheinend paradoxerweise – zu einer höheren Zukunftssicherheit. Wir werden dieses Ergebnis jedoch später noch relativieren.

#### *Auswirkungen der Gedächtnis-Größe*

An keiner Stelle der „Sozialen Systeme“ wird bei Luhmann der Einfluss der Gedächtniskapazität von Alter und Ego auf die Strukturbildung thematisiert. Auf der Hand liegt aber, dass das Gedächtnis in einer bestimmten Weise organisiert sein *muss*, damit doppelkontingente Situationen im Sinne Luhmanns überhaupt strukturierbar sind: Würde jedes Ereignis sofort wieder vergessen und keinerlei Selektion für die Zukunft vorweg genommen, dürfte sich kaum über die Anfangskonstellation und den reinen Zufall hinaus eine Systemgeschichte ausbilden. Andererseits wissen wir aus dem Alltagsleben, wie wenig angenehm und umgänglich Personen sind, die keine Ereignisse der Vergangenheit vergessen und an jeden Fehltritt erinnern.

Aus diesen Gründen haben wir die Strukturbildung unter der Bedingung verschiedener Gedächtnisgrößen untersucht: (1)  $n_{mem} = 25$ ; (2)  $n_{mem} = 50$  und (3)  $n_{mem} = 100$ .  $\alpha$  wurde konstant auf 0.5 gesetzt, d.h., Zukunftssicherheit (ZS) und Erwartungserwartungen (EE) wurden gleichermaßen von den Agenten berücksichtigt. In den nachstehenden Abbildungen sind die Ergebnisse von typischen Simulationen für die verschiedenen Gedächtnisgrößen bei proportionaler Selektion aufgetragen.

Abbildung 12: Gedächtnisgröße, mem 25

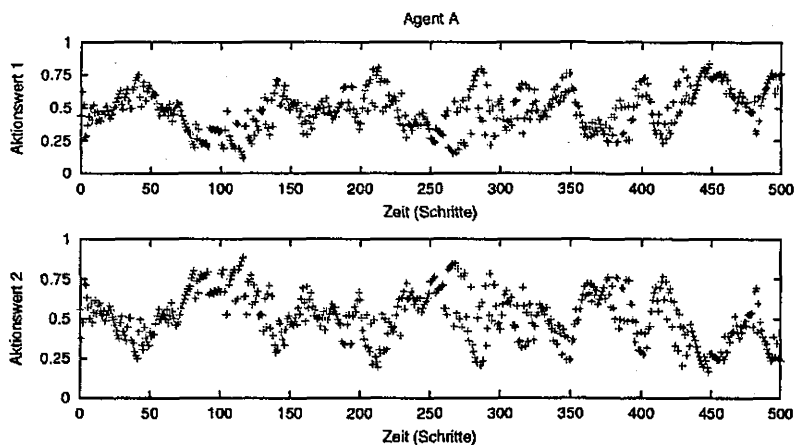


Abbildung 13: Gedächtnisgröße, mem 50

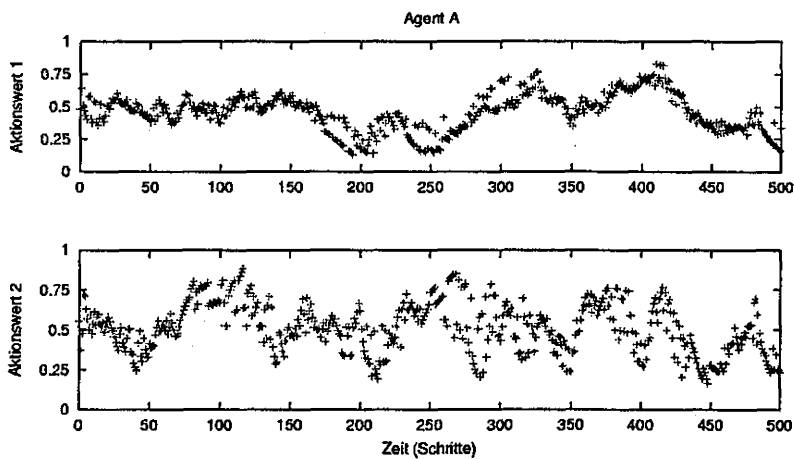
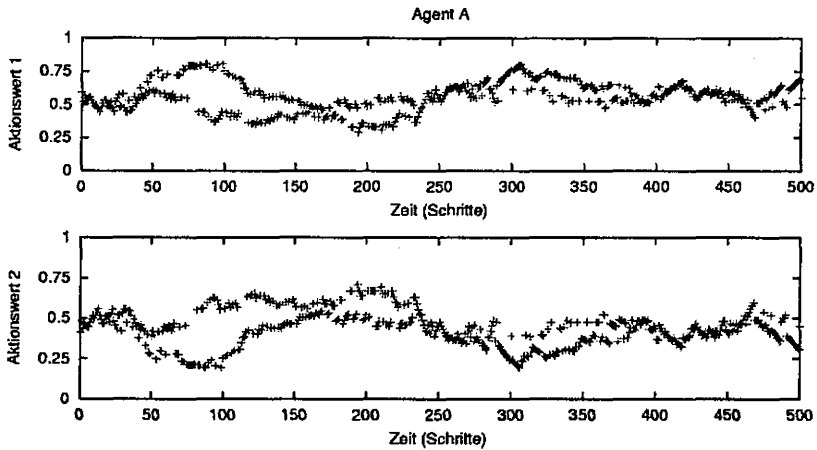


Abbildung 14: Gedächtnisgröße, mem 100



Man erkennt deutlich, dass mit der Vergrößerung der Gedächtniskapazität die Aktionswerte über immer längere Phasen bestehen bleiben, bevor sie zusammenbrechen. Eine Vergrößerung des Gedächtnisses führt also dazu, dass heftige Schwankungen unterdrückt und somit die Kurven der Aktionswerte geglättet werden. Dieser für  $N=2$  deutliche Effekt verliert an Deutlichkeit, wenn wir die Anzahl möglicher Aktionen erhöhen. Demnach können wir folgende Ergebnis-Hypothese aufstellen: Je größer das Gedächtnis und je weniger Aktionsalternativen, desto eindeutiger und länger sind die Ordnungsphasen.

### Diskussion

Nach der Darstellung der Ergebnisse möchten wir diese nun im soziologischen Kontext diskutieren. Die Hauptfrage, die dabei im Mittelpunkt steht, lautet: Wovon hängt die Bildung sozialer Ordnung (Strukturbildung) ab? Wir sind dieser Frage anhand der in der Soziologie zur Modellbildung oftmals verwendeten Situation der doppelten Kontingenz nachgegangen, vor allem im Anschluss an die Ausarbeitungen von Niklas Luhmann. Ihm dient diese „Ur-Situation“ primär für den Nachweis, dass soziale Ordnung auch ohne normative Vorgaben entstehen kann. Diese Hypothese steht im Gegensatz zu der Annahme von Parsons. Parsons sieht soziale Ordnung in zwei grundsätzlichen Erscheinungsformen: Einmal als faktische Ordnung, d.h., Ordnung entsteht hier ohne eine normative Orientierung etwa durch zufällige Komplementarität in der Interessenverfolgung oder durch Zwang. Entsteht soziale Ordnung nicht faktisch, dann ist sie für Parsons nur noch möglich durch freiwillige Übereinstimmung der Akteure in einem in der Gemeinschaft ver-

ankerten, normativen Bezugsrahmen bei gleichzeitiger Selbstbindung an diesen. Dies nennt Parsons normative Ordnung. Die partikularen Normen dieser Ordnung müssen rational begründet werden, indem sie universell akzeptierten Werten subsumiert werden. Auf diese Weise entsteht nach Parsons eine Ordnung als Ergebnis eigennütziger Zweck-Mittel-Wahlen der Akteure und deren gleichzeitige normative Begrenzung. Und nur unter dieser Bedingung entsteht nach Parsons eine Ordnung, der sich die Gesellschaftsmitglieder gegenüber verpflichtet fühlen und zur Aufrechterhaltung freiwillig verpflichten. Voraussetzung ist demnach, dass die Akteure normalerweise damit rechnen können müssen, dass die Einhaltung von Normen generell als selbstverständlich erwartbar ist. Genau an dieser Stelle setzt Luhmanns Vorschlag an, dass sich auch ohne Normen und Werte Struktur bildende Erwartungen entwickeln können.

Unsere Simulationen haben ergeben, dass Ordnungsbildung nach dem von Luhmann vorgeschlagenen Szenario möglich, aber nicht zwingend ist. Ob und wie Ordnung entsteht, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Wir haben uns bei dem Versuch ihrer Spezifikation auf folgende Eigenschaften konzentriert:

- Nach welcher *Selektionsmethode* wählen die Akteure die Handlungen?
- Wie wirkt sich die Orientierung an der *Zukunftssicherheit* und der *Erwartungserwartung* aus?
- Wie groß ist die *Leistung des Gedächtnisses*, wie viel wird behalten bzw. vergessen?
- Wie groß ist der *Kontingenzraum der Handlungen*; d.h., aus wie vielen Handlungsalternativen können die Akteure wählen?

### *Selektionsmethode*

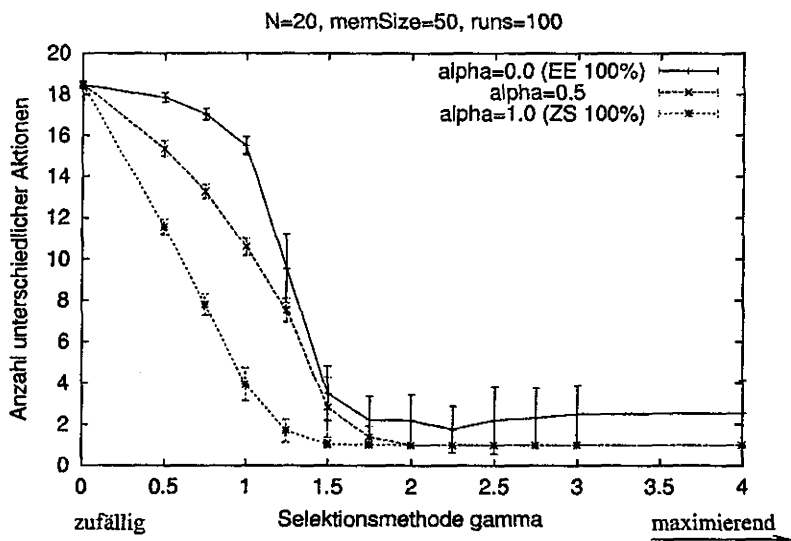
Den größten Einfluss auf den Simulationsverlauf hat die Selektionsmethode. Hier ist es besonders Hartmut Esser (1999), der darauf dringt, dass eine soziologische Erklärung nur dann vollständig ist, wenn auch über die Selektionslogik Auskunft gegeben wird. Man muss demnach die allgemeinen nomologischen Gesetze angeben, nach denen die Akteure eine der Alternativen unter den gegebenen Bedingungen selektieren. Und die Theorie über diese Gesetzmäßigkeit erklärt dann – teilweise – das Handeln. Esser selbst bevorzugt die so genannte „Wert-Erwartungstheorie“ als Handlungstheorie bei der Erklärung der Logik der Selektion, wobei die Nutzenmaximierung im Vordergrund steht.

Unsere Simulationen geben Esser einerseits Recht: Nur die Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsregel, die bei uns über  $\gamma$  eingestellt wird, kann die Differenzen zwischen den Simulationsverläufen erklären. Je größer  $\gamma$ , desto geringer ist der Einfluss des Zufalls bei der Selektion der Handlung.

Da Luhmann keine derartige Selektionsregel angibt, kann er auch nicht erklären, weshalb doppelkontingente Zustände in der von ihm angenomme-

nen Art und Weise aufgelöst werden. Andererseits konnten wir auch zeigen, dass die Annahme einer reinen Maximierung in der Selektion des Handelns triviale Ergebnisse erzeugt: In unserem Fall „stürzen“ sich Agenten auf die geringsten Anschlussmöglichkeiten und überführen die Ungewissheit der doppelten Kontingenz in äußerst stabile Strukturlagen. Die folgende Grafik verdeutlicht diesen Zusammenhang: Wir sehen, dass die Zahl der durchschnittlich gewählten Aktionen drastisch abnimmt, sobald  $\gamma$  den Wert 1 überschreitet. Für  $\gamma = \infty$  ergibt sich die von Esser und Anderen bevorzugte Selektionsmethode der deterministischen Maximierung.

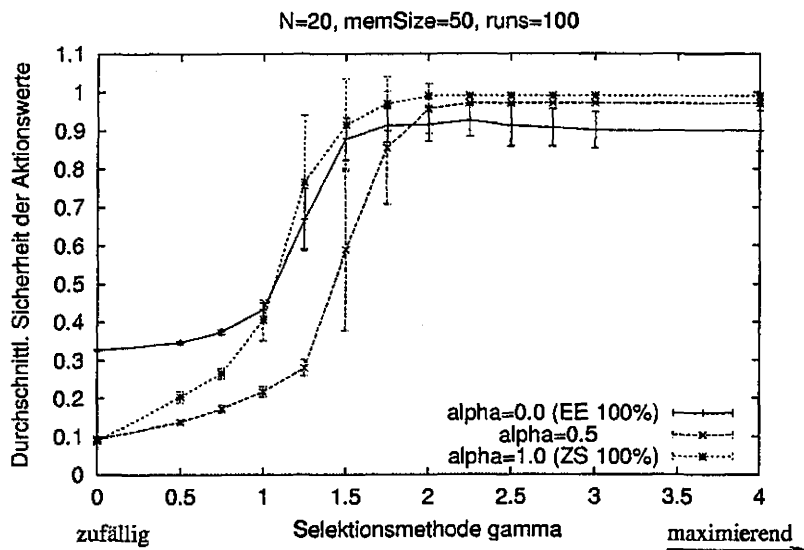
Abbildung 15: Relevanz der Selektionsregel für die durchschnittliche Anzahl selektierter Aktionen



Einerseits zeigt die Grafik die generelle Relevanz von  $\gamma$  in unserem Modell, d.h. der Selektionsmethode. Je größer  $\gamma$  ist, desto größer ist die Reduktionsleistung der Agenten bezüglich des Möglichkeitsspielraums der Aktionen, da die Anzahl der durchschnittlich gewählten Aktionen zugleich sinkt. Zudem wird deutlich, dass andere Faktoren wie etwa  $\alpha$ , also die Unterscheidung von Zukunftssicherheit und Erwartungserwartung, nur dann für die Entscheidungen der Agenten an Relevanz gewinnen, wenn sich die Selektionsmethode  $\gamma$  in einem eher zufälligen Bereich befindet ( $0 < \gamma < 1.5$ ). Ein ähnliches Resultat ergibt sich in Bezug zur Sicherheit der Agenten. Auch in der folgenden

Grafik ist klar zu erkennen, dass die Sicherheit der Agenten steigt, je größer  $\gamma$  ist.<sup>24</sup>

Abbildung 16: Generelle Relevanz der Selektionsregel für die Certainty



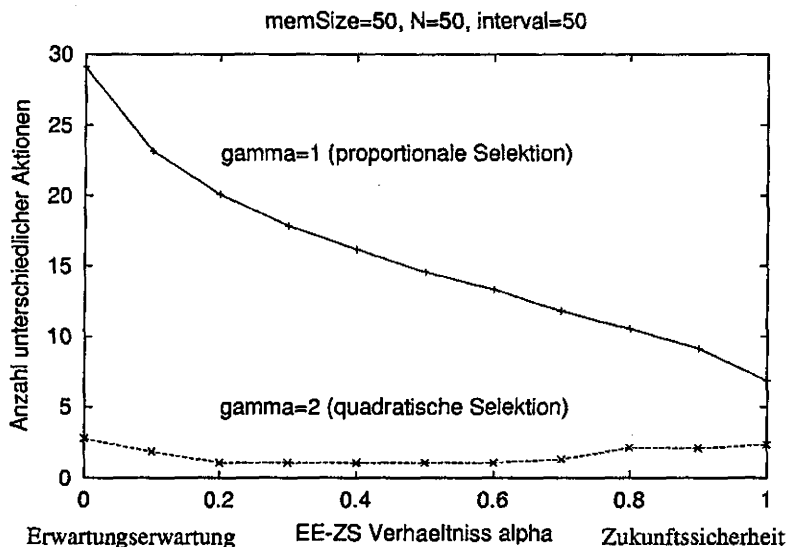
### Erwartungsbildung

Eine weitere wichtige Unterscheidung, auf die uns Luhmann gebracht hat, ist die zwischen Zukunftssicherheit und Erwartungserwartung. Hier zeigen die Ergebnisse, dass es Situationen geben kann, in denen Strukturbildungen leichter sind, wenn die Agenten sich an der Erwartung des Anderen orientieren, d.h., wenn sie versuchen so handeln, dass den Erwartungen des Anderen möglichst gut entsprochen wird, statt die eigene Zukunftssicherheit in den Vordergrund zu stellen. Interessanterweise führt gerade dies zu einer höheren Zukunftssicherheit, als wenn die Agenten ihre Aktionswahl nur die geschätzte Zukunftssicherheit berücksichtigen. Wir können allerdings noch nicht die Faktoren spezifizieren, unter welchen Bedingungen dies der Fall ist.

24 Bislang können wir allerdings noch nicht den Verlauf der Kurven mit seinen Überschneidungen und Unterschieden genau erklären. Weitere Testreihen haben ergeben, dass möglicherweise das Gedächtnis auf den Verlauf der Kurven einen größeren Einfluss haben könnte als bislang angenommen.

Abbildung 17: Die Relevanz der Erwartungserwartungen.

Das Schaubild zeigt für die proportionale und quadratische Selektionsmethode die durchschnittliche Anzahl selektierter Aktionen. Je größer  $\alpha$  ist (d.h., je mehr die Agenten die Erwartungserwartung berücksichtigen), desto mehr Aktionen werden verworfen (es wird auf weniger Aktionen zugegriffen). Sobald die Erhöhung von  $\alpha$  mit der quadratischen Selektion ( $\gamma = 2$ ) kombiniert wird, verstärkt sich dieser Effekt um ein Vielfaches.



Wir können aber immerhin Luhmanns Hinweis stützen, dass *Verhaltens*erwartungen zur Bildung sozialer Ordnung alleine nicht genügen, weil erst die Einbeziehung fremder Erwartungen eigene Erwartungssicherheit generieren kann. Dieser Grundzug der Kombination von Zukunftssicherheit und Erwartungserwartung dürfte prinzipiell jeder Sozialität inhärent sein, wenngleich oftmals überlagert durch institutionelle Vorgaben und eingespielte Routinen.

### Gedächtnis

Gedächtnis ist für Luhmann (1984: 158) „die Bezeichnung dafür, dass man nicht beobachten kann, wie der komplexe aktuelle Zustand eines Systems in den nächsten übergeht, so dass man statt dessen auf ausgewählte vergangene Inputs als Indikatoren zurückgreifen muss.“ Genauso haben wir die Gedächtnisse der Agenten angelegt: Ein Gedächtnis speichert vergangene Ereignisse und erlaubt so, die Aktionen des Anderen vorherzusagen. Dies geschieht, ohne den inneren Mechanismus des Anderen genau zu kennen. Jeder Agent generalisiert seine Beobachtungen und kann so von ähnlichen Situationen der



Vergangenheit auf neue Situationen reagieren. Wir berücksichtigen damit Luhmanns Credo der Undurchschaubarkeit von Personen, deren gedankliche Substratlosigkeit in der Fremdreferenz.

Aber auch wenn der Beobachter mit solchen Begriffen wie „Gedächtnis“ nur Nichtbeobachtbares deutet, ist die (sei's drum: nur begrifflich gedeutete) Ausprägung des Nichtbeobachtbaren, also z.B. die Größe des Gedächtnisses, durchaus relevant. Oder: Es ist ein Unterschied, der einen Unterschied ausmacht, ob das Gedächtnis schnell oder langsam vergisst. Auch wenn man nicht genauer, als es der Terminus des Gedächtnisses zulässt, dessen Einfluss auf die Ordnungsbildung beobachten kann, muss man trotzdem angeben, welche genauen Unterstellungen man in diesen Begriff einbindet. Das Gedächtnis war für Luhmann aber offensichtlich im Zusammenhang mit der Situation doppelter Kontingenz nicht so wichtig. In unseren Simulationen hatte das Gedächtnis nicht einen so entscheidenden Einfluss wie etwa die Selektionsmethode, allerdings gibt es Gedächtnis-Effekte, so dass man sich gut vorstellen kann, dass die Konsequenzen der Gedächtnisausprägungen in anderen Szenarien – in der Ausbildung sozialer Netzwerke etwa (Kauffman 1993) – entscheidend sein können.

### *Kontingenz der Aktionen*

Den geringsten Einfluss auf Strukturbildungsprozesse hat erstaunlicherweise der Kontingenzzraum der Handlungen, d.h. die Anzahl potenzieller Aktionen *N*. Je größer dieser Raum ist, desto mehr Aktionen werden (bei proportionaler Selektion) auch ausgewählt. Begrenzt wird dies nur durch zwei Faktoren, Messintervall und Gedächtnisgröße. Das Messintervall, die Größe des betrachteten Zeitraums, stellt eine obere Schranke bei der Selektion der Aktionen dar, denn es können natürlich höchstens so viele unterschiedliche Aktionen auftreten, wie innerhalb des betrachteten Zeitraums vorkommen. Eine Vergrößerung oder Verkleinerung des Messintervalls erhöht bzw. verringert auch die obere Schranke für die Anzahl gewählter Aktionen pro Zeitintervall. Ähnliches gilt für die Gedächtnisgröße. Eine kleine Gedächtnisgröße bewirkt, dass auch nur eine kleinere Menge möglicher Aktionen in Betracht gezogen werden. Allerdings stellt die Gedächtnisgröße keine so scharfe Grenze wie etwa das Messintervall dar, weil die Aktionen auch nicht-deterministisch gewählt werden können (es können auch zufällig Aktionen selektiert werden, die keinen Gedächtniseintrag haben).

An dieser Stelle bieten sich weitere Untersuchungen an, die über die Situation doppelter Kontingenz hinausgehen und zum Beispiel die Kombination von Handlungskontingenz und Symbolkomplexität (Münch 1982: 98ff.) unter Berücksichtigung verschiedener Selektionsmethoden analysieren.

### *Strukturen*

Als wichtiges Problem bei der Bewertung der Simulationen hat sich die Beantwortung der Frage herausgestellt, ab wann man denn überhaupt von einer

Struktur sprechen kann. Die in der Soziologie vorherrschende Uneindeutigkeit des Strukturbegriffs zwingt an dieser Stelle, an der es um die *soziologische* Bewertung der Simulationsergebnisse geht, zu einer Festlegung. Im Anschluss an die Analyse von Reckwitz (1997) können wir zunächst sagen, dass sich Strukturen in unserer Simulation sowohl durch Regeln, als auch durch Regelmäßigkeiten auszeichnen: Einerseits besitzen unsere Agenten ein Wissen um die selbst hervorgebrachten Kriterien des zukünftigen Handelns, die man als Regeln bezeichnen könnte.<sup>25</sup> Andererseits können wir über die tatsächlich erfolgten Aktionen als Strukturbildungen interpretierte Muster erkennen. Eine Struktur zeichnet sich bei uns demnach in erster Linie durch Regelmäßigkeiten von Interaktionsmustern aus. Diese Regelmäßigkeiten sind in unseren Simulationen die Basis für die Regeln, die die Agenten über das zukünftige Handeln aufstellen. Man müsste hier, was aus Platzgründen aber nicht geleistet werden kann, ausführlich diskutieren, ob Regelmäßigkeiten Vorrang vor den Regeln zu geben ist.

Die Frage ist, wie aus einem „Naturzustand“ heraus Regeln überhaupt entstehen könnten, wenn nicht auf der Basis von Regelmäßigkeiten (und sei es auch die Regelmäßigkeit des Unregelmäßigen)? Gerade auch in der Situation doppelter Kontingenz geht es ja um eine Situation ohne initiale Regeln und Regelmäßigkeiten. Wo wird also der Anfang gemacht? Da wir von den Regelmäßigkeiten ausgehen, nehmen wir auch eine handlungstheoretisch orientierte Perspektive und nicht eine „Systemperspektive“ ein: Wir wollten die handlungsabhängige *Strukturproduktion* und erst dann im weiteren Verlauf die *Strukturreproduktion* in den Mittelpunkt stellen.

Auf diese Weise entziehen wir uns gleichfalls dem möglichen Vorwurf, dass Luhmanns Strukturbegriff von seiner Vorstellung eines Systems unterschieden werden muss. Während der Systembegriff bei Luhmann nämlich eine klar abgegrenzte Innen-Außen-Unterscheidung ausdrückt, dessen Innenseite durch bestimmte Operationen festgelegt ist, bezieht sich der Strukturbegriff auf die Sicherung der Übergänge von einer Operation zur anderen Operation. Strukturen reduzieren die möglichen Relationen zwischen den Systemelementen. Dies geschieht in sozialen Systemen, deren Grundoperationen Kommunikationen sind, durch Erwartungsstrukturen. Ohne strukturierte Erwartungen könnte Kommunikation sich nicht (z.B. thematisch) ausrichten (Baraldi/Corsi/Esposito 1997: 184ff.): „Ohne Strukturvorgaben könnte man nur sagen: handle mal! und würde vermutlich nicht einmal feststellen können, ob dies geschehen ist. Erst durch Ausschalten fast aller denkbaren Verknüpfungen ergibt sich ein: Schenkst Du mir bitte noch einmal ein! Du hast vergessen, die hinteren Autositze zu reinigen! Morgen um drei an der Kinokasse!“ (Luhmann 1984: 384) Soziale Systeme setzen bei Luhmann demnach Strukturen voraus; Strukturen produzieren aber keine Kommunikationen.

25 Offen muss an dieser Stelle allerdings bleiben, inwieweit man diesem Wissen Sinnhaftigkeit unterstellen kann.

*Messung von Strukturen*

Doch selbst wenn man Strukturbildung auf zu beobachtende Regelmäßigkeiten reduziert, ist damit noch nicht geklärt, ab wann man von Struktur reden darf. Ungeklärt ist etwa, wie viele Zeitschritte eine Regelmäßigkeit umfassen muss, um als Struktur zu gelten. Ebenso unklar ist, welche Strukturelemente sich wandeln dürfen und welche nicht, wenn man noch von derselben Struktur sprechen möchte. Oder anders: Wie viel Strukturwandel kann eine bestimmte Struktur vertragen? An dieser Stelle zeigt sich wieder die durch den Zwang zur Formalisierung entstandene Präziserungsnotwendigkeit.

Wir können auf diese Fragen hier keine abschließenden Antworten geben. Wir sind zwar in der Lage, Regelmäßigkeiten zu beobachten, die über unterschiedliche Zeiträume stabil sind, können aber noch keine Kriterien angeben, ab welchem Stabilitätsgrad man von einer Struktur im Luhmann'schen Sinne sprechen kann. Unser Modell umfasst – je nach Parameter-Setting – ein breites Spektrum von Strukturbildungsphänomenen von trivial geordneten über komplexe bis hin zu ungeordneten, „chaotischen“ Aktionsmustern. Wir haben für die Frage, wie denn Ordnung in unserem Modell gemessen werden kann, die folgenden drei Ordnungsmaße definiert:

*(1) Ordnungsmaß Reduktionsleistung.*

Mit diesem Ordnungsmaß messen wir die durchschnittliche Anzahl verschiedener Aktionen in einem bestimmten, mit konstanter Anzahl von Zeitschritten (z.B. 50 Zeitschritte) festgelegten Zeitintervall. Je geringer die Anzahl selektierter Aktionen ist (je größer also die Reduktionsleistung der Aktionenkomplexität der Agenten ist), desto größer ist die Ordnung. Diese Maßeinheit ist dann sinnvoll, wenn die Anzahl der verschiedenen Aktionen, die tatsächlich selektiert wurden, in dem gewählten Intervall kleiner ist als die Länge des Intervalls.<sup>26</sup> Ein Intervall von 50 Zeitschritten ist z.B. dann sinnvoll, wenn die Agenten 5 von 100 möglichen Aktionen verwenden. Verwenden sie 70 der 100 möglichen Aktionen, lässt dieses Intervall keine präzisen Aussagen zu und müsste erweitert werden.

*(2) Ordnungsmaß Sicherheit*

Eine elegante Möglichkeit der Ordnungsbestimmung ist das Messen der Sicherheit über die Aktionswerte oder die Handlungswahrscheinlichkeiten. Auf diese Weise verwenden wir die Sichtweise der Agenten zur Ordnungsbestimmung. Die Funktion für die Sicherheit wird dabei entsprechend auf die Aktionswerte oder die Handlungswahrscheinlichkeiten eines Agenten angewendet. Über die Ergebniswerte wird eingeschätzt, wie sicher ein Agent ist, wenn er eine Aktion selektiert. Ein hoher Wert repräsentiert hohe Sicherheit und ein großes Maß an Ordnung im System. Formal definiert:

26 Alternativ können wir die Anzahl der unterschiedlichen Aktion-Reaktions-Paare ( $a$ ,  $b$ ) in einem bestimmten Zeitintervall messen.

$$O_{AW} = f_{certainty}(w_{AW}^1, w_{AW}^2, \dots, w_{AW}^N)$$

### (3) Ordnungsmaß Vorhersagbarkeit

Mit diesem Ordnungsmaß messen wir, wie vorhersagbar eine Aktion für einen zufällig ausgewählten Agenten Ego nach einer bereits getätigten Aktion eines ebenfalls zufällig gewählten Agenten Alter ist. Für diese Messung nutzen wir wieder das Sicherheitsmaß  $f_{certainty}$ :

$$O_P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N M_i f_{certainty}(p_1^i, p_2^i, \dots, p_N^i)$$

Das Aufwerfen derartiger Fragen wie etwa die Suche nach einer geeigneten Möglichkeit der Ordnungs- bzw. Strukturbestimmung ist ein wichtiges Resultat sozionischer Arbeiten für die Soziologie. Die zur Simulation notwendige Formalisierung bringt unter Umständen neue Aspekte in die Diskussion ein, die so vorher nicht erkennbar gewesen sind. Des Weiteren werden auf diesem Wege vielleicht auch andere Lösungswege sichtbar, nicht zuletzt auch dadurch, dass man Szenarien untersuchen kann, die in der sozialen Wirklichkeit gar nicht vorkommen, aber trotzdem relevant für die soziologische Theoriebildung sind. Die Situation doppelter Kontingenz gehört dazu.

## Literatur

- Axelrod, R. (1995): *Die Evolution der Kooperation*. München, Wien: Oldenbourg.
- Axelrod, R. (1997): *The Complexity of Cooperation. Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press.
- Baraldi, C./G. Corsi/E. Esposito (1997): *GLU. Glossar zu Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Baurmann, M. (1998): Normative Integration aus individualistischer Sicht. In: Giegel, H.-J. (Hrsg.): *Konflikt in modernen Gesellschaften*. Frankfurt/Main: Suhrkamp, S. 245-287.
- Beermann, W. (1993): Luhmanns Autopoiesisbegriff – „Order From Noise“? In: Fischer, H. R. (Hrsg.): *Autopoiesis. Eine Theorie im Brennpunkt der Kritik*. Heidelberg: Carl-Auer, S. 243-261.
- Esser, H. (1999): *Soziologie. Spezielle Grundlagen. Band 1: Situationslogik und Handeln*. Frankfurt/Main, New York: Campus.
- Esser, H. (2000): *Soziologie. Spezielle Grundlagen. Band 3: Soziales Handeln*. Frankfurt/Main, New York: Campus.
- Fuchs, P. (1994): Der Mensch – das Medium der Gesellschaft? In: Fuchs, P./A. Göbel (Hrsg.): *Der Mensch – das Medium der Gesellschaft?* Frankfurt/Main: Suhrkamp. S. 15-39.
- Greshoff, R. (1999): *Die theoretischen Konzeptionen des Sozialen von Max Weber und Niklas Luhmann im Vergleich*. Opladen, Wiesbaden: Westdeutscher.
- Kauffman, S. (1993): *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. Oxford: University Press.

- Kron, Thomas (2001): *Moralische Individualität*. Opladen: Leske + Budrich.
- Luhmann, N. (1969): Normen in soziologischer Perspektive. In: *Soziale Welt*, H. 1: S. 28-48.
- Luhmann, N. (1972): *Rechtssoziologie*. 2 Bände. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Luhmann, N. (1984): *Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Luhmann, N. (1986): *Ökologische Kommunikation. Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen?* Opladen: Westdeutscher.
- Luhmann, N. (1988): *Die Wirtschaft der Gesellschaft*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Luhmann, N. (1995): *Soziologische Aufklärung 6. Die Soziologie und der Mensch*. Opladen: Westdeutscher.
- Luhmann, N. (1997): *Die Gesellschaft der Gesellschaft*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Maturana, H. R./F. Varela (1987): *Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens*. Bern, München: Scherz.
- Münch, R. (1982): *Theorie des Handelns. Zur Rekonstruktion der Beiträge von Talcott Parsons, Emile Durkheim und Max Weber*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Münch, R. (1994): *Sociological Theory. From the 1850s to the Present*. Bd. 3. Chicago: Nelson-Hall Pub.
- Parsons, T. (1968): Interaction: In: Sills, D. L. (Hrsg.): *International Encyclopedia of the Social Sciences*. Vol. 7. London, New York, S. 429-441.
- Parsons, T./E. A. Shils (1951) (Hrsg.): *Toward a General Theory of Action*. Cambridge u.a.: Harvard University Press.
- Reckwitz, A. (1997): *Struktur. Zur sozialwissenschaftlichen Analyse von Regeln und Regelmäßigkeiten*. Opladen: Westdeutscher.
- Schimank, U. (1988): Gesellschaftliche Teilsysteme als Akteurfiktionen. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, H. 4: S. 619-639.
- Schimank, U. (1992): Erwartungssicherheit und Zielverfolgung. Sozialität zwischen Prisoner's Dilemma und Battle of Sexes. In: *Soziale Welt*, H. 2: S. 182-200.
- Schimank, U. (2000): *Handeln und Strukturen. Einführung in die akteurtheoretische Soziologie*. Weinheim. München: Juventa.
- Schmid, M. (1995): Soziale Normen und soziale Ordnung II. Grundriß einer Theorie der Evolution sozialer Normen. In: *Berliner Journal für Soziologie*, H. 1: S. 41-65.
- Schnell, R. (1990): Computersimulation und Theoriebildung in den Sozialwissenschaften. In: *Zeitschrift für Soziologie*, 42, H. 1: S. 109-128.
- Schulz-Schaeffer, I. (1998): Akteure, Aktanten und Agenten. Konstruktive und rekonstruktive Bemühungen um die Handlungsfähigkeit von Technik. In: Malsch, T. (Hrsg.): *Sozionik. Soziologische Ansichten über künstliche Sozialität*. Berlin. Edition Sigma, S. 129-167.



Thomas Kron (Hrsg.)

# Luhmann modelliert

Sozionische Ansätze  
zur Simulation von  
Kommunikationssystemen

Leske + Budrich, Opladen 2002

Gedruckt auf säurefreiem und alterungsbeständigem Papier.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich.

**ISBN 3-8100-3022-8**

© 2002 Leske + Budrich, Opladen

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Druck: DruckPartner Rübelmann, Hemsbach  
Printed in Germany



# Inhalt

<i>Thomas Kron:</i> Luhmann modelliert – Einleitung .....	7
--	---

<i>Jörg Wellner:</i> Luhmanns Systemtheorie aus der Sicht der Verteilten Künstlichen Intelligenz.....	11
---	----

## Modellierung

<i>Marco Schmitt:</i> Ist Luhmann in der Unified Modeling Language darstellbar? Soziologische Beobachtung eines informatischen Kommunikationsmediums.....	27
--	----

<i>Kai F. Lorentzen / Matthias Nickles:</i> Ordnung aus Chaos – Prolegomena zu einer Luhmann'sehen Modellierung deentropisierender Strukturbildung in Multiagentensystemen.....	55
--	----

<i>Kai Paetow / Marko Schmitt:</i> Das Multiagentensystem als Organisation im Medium der Technik.....	115
---	-----

## Simulation

<i>Sigmar Papendick / Jörg Wellner:</i> Symbolemergenz und Strukturdifferenzierung.....	175
--	-----

<i>Thomas Kron / Peter Dittrich:</i> Doppelte Kontingenz nach Luhmann – ein Simulationsexperiment .....	209
---	-----